الإهداء

هاأنذا اكتب سطوري بكلماتي وابعث صفحات دفاتري، وهاأنذا أهدي هذا الجهد المتواضع إلى الروح الهائمة في سماء الرحمة الواسعة التي ماتت حكايتها قبل أن تبدأ بدايتها، إلى روح والدي الذي كان شعاع النور الذي ملأ وجودي ورمزاً للصبر والمثابرة.

إلى ريحانة الربيع الصاخب ملاذي من الدنيا ومرفأ أحزاني نبراس الأمل والعطاء والدتي الحنونة التي كافحت وجاهدت لأكون.

ولا أنسى سهيرة ليلي الشاق .... ورفيقة دربي .... زوجتي التي ظلت عليّ الظل بالمودة والعطاء، فهي نصفي الآخر. لها مني كل الشكر على ما بذلت وعانت وصبرت على ظروف حياتي.

كما واهدي هذا الإنجاز إلى نور البيت الساطع ... فلذة كبدي ونبضة قلبي ... شهد .... الشمس التي لا تغيب.

إلى الذين يزيدون الشمس إشراقا والقمر نوراً أشقائي وشقيقاتي وكل من أحب.

محمود صالح الربيحات

شكر وتقدير

أتقدم بجزيل الشكر وعظيم الامتنان إلى أستاذي الفاضل الأستاذ الدكتور إبراهيم مطيع العرود لما قدمه من جهد كبير بالإشراف والتوجيه المميز وغيره من أساليب الدعم المختلفة لإعداد هذه الرسالة.

كما وأتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى جميع أعضاء الهيئة التدريسية في قسم الجغرافيا بجامعة مؤتة وأعضاء لجنة المناقشة لتفضلهم بقبول مناقشة هذه الأطروحة.

واوجه الشكر والعرفان إلى سعادة النائب الأخت أدب السعود التي قدمت لي الكثير من المراجع والأبحاث وساعدت في الترجمة الخاصة بموضوع الدراسة. وشكر خاص إلى الأخوة عبدالله عواد ويزن الزغايبة الذين وقفوا إلى جانبي خلال فترة الدراسة فكانوا نهر عطاء لا ينضب.

ولا يفوتني أن اقدم جزيل الشكر إلى الأخ المهندس أحمد القوابعة القائم على أعمال مركز العقد الفريد للكمبيوتر لما قدمه من جهد في طباعة هذه الرسالة، وشكر موسوم بالعرفان إلى كل الأخوة والأخوات والأصدقاء في هذا البلد الغالي.

محمود صالح الربيحات

فهرس المحتويات

قائمة الجداول

رقم الجدول	العنوان	الصفحة

قائمة الأشكال

رقم الشكل	العنوان	رقم الصفحة

رقم الشكل	العنوان	رقم الصفحة

رقم الشكل	العنوان	رقم الصفحة

الملخص

التوزيع الجغرافي لحالات الجفاف في المرتفعات الجبلية في الأردن خلال النصف الثاني من القرن العشرين

محمود صالح الربيحات
جامعة مؤتة، 2005م

تناولت الدراسة التوزيع الجغرافي لحالات الجفاف في منطقة المرتفعات الجبلية في الأردن. وقد تم اختيار ست مناطق ذات بيانات مناخية من الدرجة الأولى هي: محطات اربد ورأس منيف والجامعة الأردنية والربة والطفيلة والشوبك. وتم استخدام نموذج Palmer Severity Index لتحديد شدة فترات الجفاف وتكرارها في المحطات المعنية بالدراسة.

وأظهرت الدراسة وجود اختلافات مكانية واضحة في تكرار الجفاف في إقليم المرتفعات الجبلية، وتبين أن فرص حدوث الجفاف في المرتفعات الجنوبية أكبر بكثير مما هو الحال في المرتفعات الشمالية. فقد تراوحت نسبة المواسم الجافة في المرتفعات الجنوبية ما بين 44 – 53% من مواسم الدراسة، بينما كانت النسبة في المرتفعات الشمالية لنفس الفترة تقريباً ما بين 30 – 38%. ويعزى ذلك لذبذبة الأمطار الكبيرة في المناطق الجنوبية مقارنة بالمناطق الشمالية.

وكشفت الدراسة عن شواهد أثرية كثيرة تدل على استخدام تقنيات الحصاد المائي في منطقة المرتفعات الجبلية منذ آلاف السنين، وأن الشواهد الأثرية على ممارسات الحصاد المائي القديمة في هذه المنطقة دليل على تعرض منطقة شرق البحر المتوسط لفترات جفاف منذ آلاف السنين. ولذلك أكدت الدراسة على أهمية استخدام وتحديث تقنيات الحصاد المائي الحديثة لمواجهة الظروف الجافة.

Abstract

The Geograghical Distribution Of Drought Cases In the Mountainous Areas In Jordan During the Second Half Of The Twentieth Century

Mahmoud Saleh AL-rbaihat

Mutah University, 2005

The present study discusses the geograghic distribution of drought in the mountainous areas in Jordan. Six first-class meteorological stations, namely, Irbid, Ras Munif, Jordan University, Rabbah, Tafialeh and Shoubak were chosen to achieve the objectives of this study. The Palmer Drought Severity Index is employed in this investigation to determine the drought characteristics both temporally and spatially. There are distinct geographic differences in drought occurences and severity. The south areas are more sensitive to the small rainfall departures than the northern regions because of their relatively lower precipitation. During the study period The percentage of dry seasons in the southern mountains ranged from 44 – 53%, whereas in the northern regions it ranged from 30 – 38%.

The study showed that water harvesting measures have been employed in this area for the past several thousand years. Archeological evidence demonstrates that drought and dry conditions have repeatedly plagued the eastern Mediterranean regions and the inhabitants there did adjustment to such events by constructing cisterns, wells and other water harvesting measures to mitigate and/ or adapt with such harsh conditions. Drought is a natural phenomenon and the only way to cope up with it by developing measures that mitigate its deleterious impacts.

الفصل الأول

الإطار النظري للدراسة

1.1 المقدمة

يعد الجفاف (Drought) من الكوارث الطبيعية الذي يحظى باهتمام عالمي ومحلي كبيرين لما له من آثار سلبية على مختلف الأنشطة البشرية والطبيعية على سطح الأرض. وتشكل الأراضي الجافة تقريباً ثلث مساحة اليابسة، ويعزى سبب وجودها إلى نقص المياه الناتج عن قلة التساقط بالدرجة الأولى، أضف إلى ذلك اثر عوامل التبخر ودرجة الحرارة في تحديد درجة الجفاف (شاهين، 1976). كما أن المناخ من العوامل الرئيسة التي تؤدي إلى تشكل البيئات الجافة في العالم، فهو يتحكم في تشكيل ظاهرات السطح والنبات والتربة والحيوانات وأساليب الحياة بحيث تختلف عن مثيلاتها في المناطق الرطبة (فايد، 1971).

وتشير الدراسات إلى أن المناطق الجافة وشبه الجافة شهدت في العصور السابقة ولا تزال تشهد تعاقب فترات الرطوبة والجفاف التي تحدث بسبب تقلبات مناخية تأتي على شكل دورات قد تصل إلى عقد أو عقدين من الجفاف أو الرطوبة (جودة، 1996م). ويرى (Griffiths,1978) أن المناطق الجافة تتعرض لفترات جفاف تتراوح ما بين (3 – 4) سنوات وتتكرر كل عشر سنوات. وقد يكون التكرار متواصلاً مما يؤدي إلى التصحر. ويمكن القول أن ظاهرة الجفاف تسود عندما يكون معدل التبخر/النتح الكامن اكبر من معدل الأمطار الساقطة (الجوراني، 1990).

كان للجفاف والكوارث المصاحبة له التي اجتاحت دول الساحل الأفريقي في نهاية الستينات وبداية السبعينات (1967 – 1973) من القرن الماضي اثر بالغ في إقناع المجتمع الدولي بضرورة عقد مؤتمر دولي لدراسة الموضوع. وقد عقد أول مؤتمر حول الجفاف في نيروبي عاصمة كينيا عام 1977م (المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 1996). وقد تسببت هذه الكارثة بأضرار جسيمة في النواحي البيئية والاقتصادية والسياسية والحياتية لمجتمعات منطقة الساحل، ولا تزال ظاهرة الجفاف تؤثر دورياً وبشكل مفاجيء على هذه المنطقة، فقد تعرضت منطقة الساحل الأفريقي إلى دورات جفاف خطيرة نذكر منها الفترة (1982 – 1985) و(1990/ 1991)

(الشخاترة، 1996م). وقد قدرت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO,1986) أعداد السكان المتضررين بالجفاف في قارة أفريقيا على النحو التالي:

جدول رقم (1)

عدد السكان المتضررين بالجفاف في سنوات جفاف مختلفة.

العام	عدد السكان المتضررين
1980	650 مليون نسمة
1985	850 مليون نسمة
2000	1200 مليون نسمة

المصدر:(الصالح، 2002).

وتعد مشكلة الجفاف مشكلة ذات ابعاد اقتصادية واجتماعية مهمة، ويزداد تأثير الجفاف إذا حدث في بلد مثل الأردن الذي يعتبر فيه القطاع الزراعي من القطاعات الإنتاجية الهامة، خاصة وان الأردن يتصف بمحدودية أراضيه الصالحة للزراعة والمياه. وقد أدت موجات الجفاف وانحباس الهطول المطري في الأردن خلال القرن الماضي إلى ترك أراضي زراعية بوراً في المرتفعات الجبلية والمناطق الحدية.

وتحدث العديد من المختصين في الأردن عن خشيتهم من تكرار كارثة الجفاف التي عانى منها الأردن في الموسم 1998/ 1999 والتي تعد أقسى سنوات الجفاف التي مرّ بها الأردن خلال القرن الماضي، حيث بلغ الهطول المطري في ذلك الموسم 2973 مليون متر مكعب مقارنة بمتوسط عام قدره حوالي 8500 م م^3 / سنة. ويرى الخبراء أن احتمال تكرار مثل هذه الكارثة خلال فترة زمنية قصيرة أمر وارد.

ويتفاوت الهطول المطري في الأردن من سنة إلى أخرى، كما تقل الكميات عن المعدل السنوي لعدة سنوات متتالية مما يجعل المراعي والأراضي الزراعية المعتمدة على المطر في وضع حرج، كما يؤثر الجفاف على مصادر المياه المتاحة، ويزداد هذا التأثير إذا تكررت هذه الحالات لسنوات متتالية (مساعدة، 1996).

وتكرار الجفاف محدد طبيعي يؤثر في أداء القطاع الزراعي. وقد عانى الأردن من فترات جفاف شديدة خلال العقود الماضية، وزاد من تأثير هذه الموجات الجافة ارتفاع ملحوظ في درجات الحرارة.

ان معرفة تكرار سنوات الجفاف في منطقة ما أمر في غاية الأهمية، حيث اعتبر كل من (Estrela & Alvarez) أن تحليل ظاهرة الجفاف مخرج أساسي لسياسات الجفاف والتخفيف من آثاره، فمن الضروري معرفة مدى تجانس السلوك المناخي وتحديد فترات الجفاف لأن ذلك يساعد في تحديد مؤشرات لمراقبة وضبط حوادث الجفاف (الكيلاني، 2002). وقد بينت الدراسات والتقييمات (-UNEP 1990/1991) أن ظاهرة الجفاف في الوقت الحاضر تؤدي إلى خسارة ما بين (1 - 1.3) مليون هكتار من أراضي الزراعات المروية و(3.5 - 4) مليون هكتار من أراضي الزراعة البعلية. وقد توصل برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) إلى أن معدلات التصحر السنوية تصل إلى 0.1 % في البيئات شبه الرطبة، وحوالي 1% في البيئات شبه الجافة وتقريبا 10% في البيئات الجافة والجافة جداً، وتشير الدراسات إلى أن التدهور البيئي يعود إلى التقلبات المناخية نحو الجفاف والممارسات البشرية الخاطئة (الشخاترة، 1996).

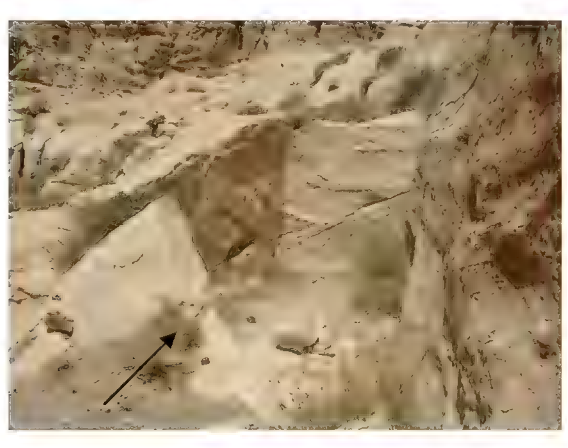
ان الجفاف ليس حديثاً في الأردن بل ساد منذ فترات طويلة، وللدلالة على ذلك استخدم ساكنوا الأردن أساليب الحصاد المائي، وتشير الأدلة الأثرية والجيولوجية وغيرها إلى انه اعتبارا من الألف السادس قبل الميلاد وخلال الفترة الفخارية (Ceramic Neolithic) الممتدة من عام (5000 - 4000 ق.م)، والفترة الصلصالية (Chalcolithic Period) الممتدة من (4000- 3000 ق.م) توسع الاستيطان البشري ونشوء القرى الزراعية في مواقع كثيرة من منطقة المرتفعات الجبلية في الأردن، وأظهرت الأدلة أيضا وجود مجتمعات بشرية استقرت في الشمال الشرقي من البحر الميت منذ حوالي (4000 ق.م) وقامت بحفر آبار لجمع مياه الأمطار، وإنشاء قنوات لتجميع وسحب المياه عبر السفوح الجبلية والمنحدرات (الشخاترة، 2002، الجمعية الأردنية لمكافحة التصحر وتنمية البادية، الجامعة الأردنية، 2002). وهناك أدلة كثيرة على استخدام الحصاد المائي قديما، فمثلاً نجد

من آثار النبطيين استخدام واسع للحصاد المائي، وتظهر الشواهد الحاليـــة التقنيـــات القديمة للحصاد المائي في جنوب الأردن، حيث حفرت أحواض حصاد المياه فـــي الجبال الصخرية بالقرب من البتراء وقلعة السلع في الطفيلـــة، وتظهـــر الأشـــكال (1، 2، 3، 4) التي أخذها الباحث عام 2004 هذه التقنية. فقد كان الماء يجمع إلى مدينة البتراء من خلال حصاد مياه الأمطار الساقطة على الجبـــال المحيطـــة بهـــا لمواجهة ظروف الجفاف في بقية اشهر السنة، كما اعتمدت الزراعة على حـــصاد مياه الأمطار خارج المدينة (Fardous and Jitan, 2001).



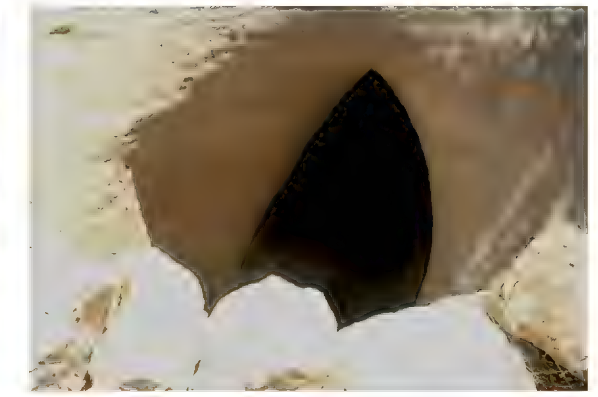
شكل رقم (1)

سد نبطي لجمع مياه الأمطار – السلع الطفيلة



شكل رقم (2)

بركة نبطية لجمع مياه الأمطار – جنوب الطفيلة



شكل رقم (3)

حوض نبطي لحفظ مياه الأمطار – السلع الطفيلة



شكل رقم (4)

أحواض رومانية لجمع مياه الأمطار – مرتفعات الشراه

ولم تكن عمليات الحصاد المائي مقتصرة على الأراضي الجافة وشبه الجافة بل وجدت أيضا في البيئات شبه الرطبة، حيث ارتبطت عملية حـــصد ميـــاه الأمطـــار

بتصميم المنازل (البيوت) والمستجمعات الصغيرة. وتشير الأدلة الأثرية إلــى ان المزارعين مارسوا الزراعة في منطقة البتراء وبمعدل أمطار سنوية تقتــرب مــن 100 ملم فقط، حيث جمعت مياه الفيضانات في قنوات لزيادة رطوبة التربة العميقة، كما وجدت البرك والخزانات والحفر والأحواض المائية في كل الخــراب القديمــة والمواقع الأثرية في الأردن (Shatanawi, 1993).

وفي الفترة الرومانية وجدت منشآت الحصاد المائي مثل البرك الرومانية قرب مأدبا والموقر وعجلون، كما وجدت آثار الحصاد المائي في المنطقــة الــصحراوية (أم الجمال) والمناطق الهامشية حيث البرك الواسعة التي استخدمت لغايات الــري التكميلي، وفي الأراضي الزراعية في المرتفعات الجبلية حفرت الأحواض المائيــة في الصخور كما هو الحال في الشوبك والطفيلة والكرك وعجلون وحــول عمــان. وفي العصر الإسلامي لقي الحصاد المائي اهتماما واسعا، حيث كانت عملية تنظــيم المياه وضبط الفيضانات تخضع لإشراف الدولة (Fardous and Jitan, 2001).

وقبل عام 1950م كانت نشاطات الدولة فيما يتعلق بالحصاد المائي فــي الأردن معدومة، وليس ببعيد فقد سادت ممارسة الحصاد المائي في شرق الأردن، حيث كان المواطنون يجمعون مياه الأمطار في آبار حفرت خصيصاً لهذا الغرض. وتوضــح الأشكال (5 ، 6) ذلك.



شكل رقم (5)
خزان إسمنتي لحصاد مياه الأمطار – الشوبك



شكل رقم (6)
بئر لحصاد مياه الأمطار – الكرك.

وقد أثمرت تجربة المواطنين في حصاد المياه في المناطق المرتفعة في الأردن من خلال جمع مياه الأمطار من على أسطح المنازل وتخزينها في الآبار والبرك الصغيرة، حيث تستخدم المياه التي يتم تجميعها لأغراض الشرب وسقاية المواشي وري المزروعات والحاجات المنزلية الأخرى.

وفي الوقت الراهن تقوم الدولة ببناء السدود الأسمنتية والخرسانية والسدود الترابية والحفائر والبرك وغيرها من أساليب الحصاد المائي لمواجهة ظروف الجفاف، حيث تستغل هذه السدود في ري أراضي الأغوار بالإضافة إلى المناطق الزراعية التي تليها في المرتفعات. انظر الأشكال (7، 8، 9، 10).



شكل رقم (7)

سد التنور



شكل رقم (8)

سد الوحدة



شكل رقم (9)

سد الموجب



شكل رقم (10)

سد الملك طلال

وتدل النشاطات السابقة للحصاد المائي على أن الأردن كان يعـاني ولا يـزال يعاني من شح في موارده المائية ومن تذبذب الأمطار. وفي الوقت الراهن يبلغ حجم المياه التي يتم تجميعها في الأردن سنوياً (207) مليون م^3 وهي تعـادل حـوالي (27%) فقط من المياه السطحية المتاحة في الأردن (الجمعية الأردنية لمكافحـة التصحر وتنمية البادية، الجامعة الأردنية، 2002).

ويمكن إجمال أساليب الحصاد المائي المتبعة في منطقة المرتفعات الجبلية فـي الأردن قديما وحديثا بما يلي:

اولاً: السلاسل الترابية الكنتورية: Contour Earth Bank

وقد تكون هذه السلاسل الترابية امتصاصية أو تحويلية، وتناسب المناطق التي يقل فيها الهطول المطري عن 400 ملم، ودرجة انحـدار الأرض تتـراوح مـا بـين 8 – 18% .

ثانياً: المصاطب الترابية: Bench Terraces : وتستخدم لوقـف الجريـان المـائي ولحماية التربة من الانجراف وزيادة رطوبتها، وتنفذ في المناطق التي يقل الهطول السنوي للأمطار فيها عن 250 ملم، وانحدار الأرض يتراوح ما بين 18 – 35% .

ثالثاً : السلاسل الحجرية الكنتورية: Contour Stone Terraces

وتكمن أهمية هذه السلاسل الحجرية في الحفاظ على التربة من الانجراف، وتـساعد في زيادة احتفاظ التربة بمياه الأمطار. الشكل (11).



شكل رقم (11)

السلاسل الحجرية الكنتورية – الكرك

رابعاً: السدود الترابية: Earth Dams

تبنى السدود الترابية في الأودية بمكان مناسب لأهداف عدة منها: الحفاظ على التربة وحمايتها وتحسينها ودرء خطر الفيضانات وتوفير المياه لاستعمالها للشرب والزراعة والصناعة، والتوسع في زيادة الرقعة الزراعية عن طريق توفير مياه الري (الجمعية الأردنية لمكافحة التصحر وتنمية البادية، 2002). الأشكال (12، 13).



شكل رقم (12)

سد ترابي على طريق الطفيلة جرف الدراويش.



شكل رقم (13)

سد ترابي بعد سقوط الأمطار – الطفيلة جرف الدراويش.

خامساً : السلاسل الحجرية الاسمنتية: Contour Cement - Stone Terraces

وتعتبر بديلة للسلاسل الحجرية الكنتورية، ويتم تنفيذها في المناطق التي يزيد معدل الهطول المطري فيها عن 250 ملم، وانحدار الأرض ما بين 8 – 25%.

سادسا : الأحواض المائية الدقيقة: Micro Catchments

والهدف منها استغلال مياه الأمطار الجارية على سطح التربة لزيادة رطوبة التربة حول النباتات المزروعة وتقليل الري التكميلي في أوقات الجفاف.

سابعاً : الأحواض الحجرية حول الأشجار: Stone Earth Tree Basins

ان الغاية من هذه الأحواض جمع المياه السطحية الجارية في أماكن قريبة حول الأشجار لزيادة الرطوبة وتقليل الري التكميلي خلال أوقات الجفاف. وتبنى الحجارة بشكل هلالي حول الشجرة، حيث تبعد (1 م) على الأقل عن ساق الشجرة.

ثامناً : آبار وبرك لجمع مياه الأمطار: Wells and Pools

وتستخدم لجمع مياه الأمطار الجارية لاستغلالها لأغراض الشرب والري للمزروعات خلال مواسم الجفاف. الأشكال (14، 15).



شكل رقم (14)

حوض إسمنتي لجمع المياه – الطفيلة.



شكل رقم (15)

خزان لجمع مياه الأمطار – الشوبك.

تاسعاً : الحفائر : Pits

تنتشر الحفائر في المناطق قليلة الأمطار، وتستخدم في الغالب لـــسقاية المواشـــي. انظر الأشكال (16، 17).



شكل رقم (16).



شكل رقم (17).

حفيرة لجمع مياه الأمطار – الطفيلة.   حفائر لجمع مياه الأمطار – الطفيلة.

وفي المستقبل سيكون الاهتمام بأساليب الحصاد المائي أكبر خاصة من سطوح المنازل (الجمعية الأردنية لمكافحة التصحر وتنمية البادية، المركز الجغرافي الملكي،2002).

ومن خلال النقاش والأشكال السابقة التي مثلت أساليب الحصاد المائي التي مارسها الأنباط والرومان والعرب وحتى فترة قريبة جداً، كما هو واضح من كثرة الآبار المحفورة يدوياً في مناطق الأردن المختلفة، يمكن الاستدلال على ما يلي:

1 – أن منطقة المرتفعات الجبلية في الأردن كانت ولا تزال تعاني من شح في مواردها المائية.

2 – أن الإنسان الذي عاش في هذه البيئة كان قادراً على التكيف مع الإمكانات المائية المتاحة واستغلالها بأمثل صورة.

3 – رغم تغير المناخ في المنطقة إلا أن الإنسان استطاع أن يكيف نفسه مع هذه البيئة باستخدام الأساليب المختلفة لإستغلال الموارد المتاحة.

مناخ الأردن في الماضي

تعاقبت على الأردن عصور جافة وأخرى مطيرة منذ القدم، حيث تعرض الأردن لتقلبات مناخية عديدة، وكان يفصل بين كل عصر وآخر فترة جفاف، وتشير الأدلة الجيومورفولوجية والأثرية إلى أن المرتفعات الجبلية في بلاد الشام شهدت مناخاً شديد البرودة خلال العصر الجليدي. وخلال العصرين المسيحي والإسلامي شهدت المنطقة تقلبات مناخية شديدة تراوحت بين الجفاف والرطوبة (شحاده،1991).

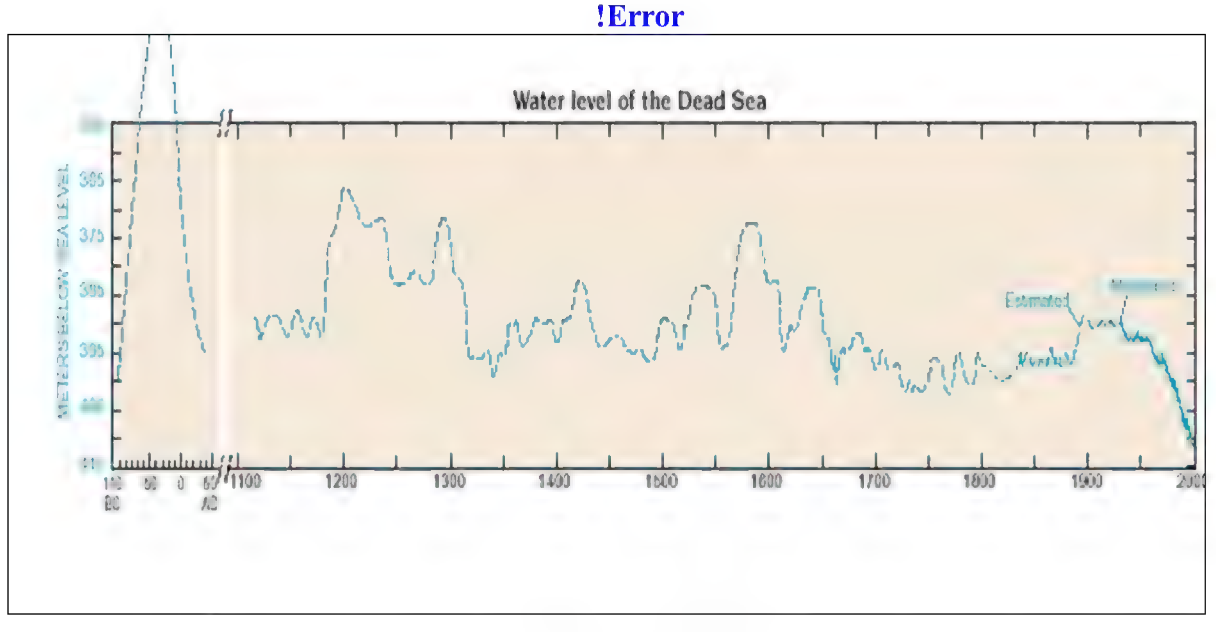
ويكشف التاريخ القديم للجفاف في الأردن أساليب الحصاد المائي وطرق تخزين المياه المنتشرة حول المستوطنات البشرية القديمة في الأردن، وهذا النهج مارسه الإنسان لمجابهة ظاهرة الجفاف. ويمكن الاستدلال على فترات الجفاف في الماضي من خلال قطاع التربة ومكونات آفاقه وملامح الطبيعة والمورفولوجية، ويمكن

اعتبار الشواهد الأثرية سجلا واضحا يعكس التقلبات المناخية في الماضـــي البعيــد للمنطقة (المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 1996).

وقـــد أشــــار جـــودة (1996) إلـــى أن (-Blankenhorn.M,1921 1922,Pfannenstiel,1963) تمكنا من التعرف على فترتين مطيرتين فـــي منطقــة البحر الميت خلال الفترة البليستوسينية، فقد وجــدوا (15) خطـــاً مـــن خطـــوط الشواطئ القديمة، وفي العصر الجليدي المطير (الفترة البليستوسينية) كان مستوى مياه البحر الميت يرتفع في بعض الأوقات إلى ما فوق مستوى مياه البحر المتوسط الحالي، بينما ينخفض الآن إلى ما دون مستوى سطح البحر المتوسط بـــــ 415 م . وخلال الفترة المطيرة (البليستوسينية) كان البحر الميت يتصل أحياناً ببحيرة طبريا ويغطي معظم وادي الأردن مكوناً ما يسمى بحيرة اللسان (Lasan Lake). ومـــن خلال تتبع السجل التاريخي لمنسوب مياه البحر الميت، وجد أن المنطقة تعرضـــت لعدة دورات من الجفاف، وخلال العقود السبع الأخيرة انخفض منسوب مياه البحــر الميت بمقدار 26 متراً. انظر الشكل (18).

وتشير الدراسات الأثرية والتاريخية والجيولوجية إلـــى أن المنطقـــة العربيـــة الآسيوية ومن ضمنها الأردن كانت من أخصب بقاع الأرض وأغناها حتى العصر الحجري، ومع بداية العصر الهولوسيني حوالي(10000 ق.م) تغير المنـــاخ نحـــو الجفاف وازدادت وطأته في العصر الحجري للفترة ما قبل الفخاريـــة Preceramic Neolithic حوالي(8000 ق.م) الأمر الذي دفع الإنسان إلى الهجرة إلى منـــاطق الخصب في المرتفعات الجبلية ووادي الأردن. كما برزت فترة جفاف في العـــصر الحجري الحديث (Neolithic Period) حوالي 5000ق م والدليل على ذلـــك مـــا ورد في القرآن الكريم على لسان سيدنا إبراهيم عليه السلام 4000 ق.م في قولـــه تعالى:**(ربنا اني أسكنت من ذريتي بوادٍ غير ذي زرع عند بيتـــك المحـــرم ربنـــا ليقيموا الصلاة فاجعل أفئدة من الناس تهوي إليهم وارزقهم من الثمـــرات لعلهـــم يشكرون)** (الآية 37) سورة إبراهيم (الجمعية الأردنية لمكافحة التصحر وتنميـــة البادية، 2002).

!Error



شكل رقم (18)

تذبذب منسوب مياه البحر الميت.

متوفر عبر: http://exact-me.org/overview/images/p43-top.gif

وقد أجريت عدة محاولات لجدولة تأرجح الأحوال المناخية قبل وخلال عصر الهولوسين (صالح وأبوعلي، 1989) حيث أعد (ستريت، وجروف، 1979) دراسة حول تذبذب مستوى البحيرات في العالم خلال الثلاثين ألف سنة الأخيرة، وبينت الدراسة أن منطقة شرق المتوسط سادها فترة رطبة جداً، ارتفع خلالها منسوب البحيرات وامتدت هذه الفترة من(24) ألف سنة إلى (20) ألف سنة قبل وقتنا الحاضر، ثم بدأت مظاهر الجفاف والتي استمرت خلال الفترة (18) ألف إلى (11) ألف قبل وقتنا الحالي، حيث انحسر الجفاف وشهدت المنطقة مناخاً أكثر رطوبة، وبقي المناخ يميل إلى الرطوبة حتى (8) آلاف سنة قبل وقتنا الحاضر، ومنذ حوالي (7) آلاف سنة قبل وقتنا الحاضر أخذ المناخ يتجه نحو الجفاف، وبدأت أشد فترة جفاف في حدود 4500 قبل وقتنا الحاضر، وكانت فترة الألف سنة الأخيرة أشد فترة جفاف خلال عصر البليستوسين والهولوسين. وبعد تراجع الجليد في أواخر الزمن الرابع بدأ الجفاف يتوغل في المناطق الرطبة في شمال أفريقيا وجنوب غرب آسيا. ويقدر

العلماء بأن فترة الجفاف التي تمر بها المنطقة حالياً بدأت خلال الفترة الواقعة ما بين (3) آلاف إلى (5) آلاف سنة ق.م (صالح وأبوعلي، 1989).

وفي الجزء الحديث من العصر الهولوسيني تعاقبت الفترات الرطبة على منطقة شرق المتوسط حتى عام 2500 ق.م. وفي بداية الألف الأخيرة قبل الميلاد أخذت الحرارة بالانخفاض التدريجي حتى حدود 500 ق.م ورافق ذلك فترة مطيرة، واستمر ذلك حتى انهيار الإمبراطورية الرومانية وبداية الفتح الإسلامي حيث حلّ الجفاف من جديد (جودة، 1996). وقد حدثت ذبذبة مناخية باتجاه الدفء والرطوبة بين عامي 1000 – 1200م، وارتفعت درجات الحرارة عن معدلها بحوالي درجتين، وفي هذه الفترة ازدادت كميات الهطول في منطقة حوض البحر المتوسط ومنطقة الشرق الأوسط. واستمرت حتى القرن السادس عشر. وفي الفترة الممتدة من أواسط القرن الخامس عشر وحتى منتصف القرن التاسع عشر، انخفضت درجات الحرارة واتسع نطاق الجليد وازدادت كميات الأمطار.

وخلال القرن التاسع عشر حتى وقتنا الحاضر حدثت تغيرات مناخية كبيرة في مختلف أنحاء العالم. وفي منطقة شرق المتوسط حدثت تذبذبات مناخية، أدت إلى تناقص في كميات الهطول وارتفاعا ملحوظا في درجات الحرارة، وحدوث الجفاف في بعض المناطق (جودة، 1996).

وخلال العقود الماضية تعرض الأردن لسلسلة من سنوات الجفاف. ففي الفترة الممتدة من الثلاثينات وحتى الموسم 2000 / 2001 توالت على المنطقة عدة سنوات من الجفاف منها (1946– 1948)، (1950/ 1951)، (1954/ 1955)، (1957 – 1960)(1962/ 1963)،(1965/ 1966)،(1972/ 1973 –1978/1979)، (1981/ 1982 –1986/ 1987)، (1989/ 1990)، (1992/ 1993)،(1995/1996) (1998/ 1999 – 2000/ 2001) وبالنظر إلى سنوات الجفاف هذه نلاحظ عدم انتظام تكرار حدوث الجفاف، ويعتبر عقد التسعينات من اكثر العقود جفافا خلال النصف الثاني من القرن العشرين، ويعد الموسم 1998/1999 من أشد المواسم جفافا والتي تعرض لها الأردن خلال القرن الماضي، حيث انخفض الهطول عن المعدل بحوالي 35%.

جدول رقم (2)

فترات الجفاف التي تعرض لها الأردن خلال العقود الماضية.

الفترة الزمنية	الهطول المطري	التغير
1940 – 1949	9173 ± 2374	+ 7 %
1950 – 1959	8096 ±2183	- 5 %
1960 – 1969	8900 ± 3849	+ 4 %
1970 – 1979	8377 ± 2701	- 2 %
1980 – 1989	7937 ± 2186	- 7 %
1990 - 1998	8197 ± 1523	- 4 %

المصدر : أبو زنط (2001).

مفهوم الجفاف

يعد الجفاف ظاهرة طبيعية ينخفض فيها الهطول المطري انخفاضاً ملحوظاً بحيث تكون كميات الأمطار دون المعدل الطبيعي المعتاد مما يسبب خللاً هيدرولوجياً، وبالتالي يؤثر على نظم الإنتاج لموارد الأراضي، ويعتبر الجفاف وتكراره دون إزالة آثاره مقدمة لان تأخذ عوامل التصحر دورها بشكل فاعل (المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 1996).

لقد عرف الجفاف من قبل عدد كبير من الباحثين، وأوردت الصالح (2002) في دراستها عدة تعريفات للجفاف، فقد عرفه (Tannehill,1947) على انه ظاهرة من الظواهر الجوية المدمرة التي تصيب منطقة ما لفترة من الزمن يصعب تحديدها والتنبؤ ببدايتها أو نهايتها. ووصف ظاهرة الجفاف بأنها زاحفة أي لها امتداد مكاني متغير. وقد أشار (Saarinen,1966) إلى أن الجفاف ناتج عن شح الهطول المطري الذي يؤدي إلى تناقص الإنتاج النباتي، ويخلف آثار اجتماعية واقتصادية متباينة. وعرف (Gibbs,1975) الجفاف بأنه ظاهرة تؤدي إلى ازدياد الطلب والحاجة إلى الماء.

ويوضح (Warrick et al,1975) أن للجفاف انعكاسات اجتماعية وسياسية وتوصل إلى انه كلما زادت شدة الجفاف كلما تزايدت آثاره الاجتماعية والاقتصادية وشملت نطاقات اكبر. وحسب رأي (Wilhite and Glantz,1987) يمكن تعريف الجفاف بأنه ظاهرة مناخية طبيعية تنشأ عند تناقص ثم ندرة الهطول المطري لفترة

زمنية، ويسبب عوزا في المخزون المائي اللازم للمحاصيل الزراعية ولكافة الأنشطة الاقتصادية. وقد حدد (موسى) مفهوم الجفاف ودلالته بسيادة فترة زمنية من الطقس الجاف بحيث تصبح الحاجة ماسة للماء اللازم لحياة النبات والحيوان وتؤثر في حياة الإنسان (الصالح، 2002).

وقد عرفت جمعية الأرصاد الجوية الأمريكية (American - Met -Soc) في معجم المصطلحات المتيورولوجية (Glossary Of Meteorology, 1959) بأنه الفترة من الطقس الجاف غير العادي، وهذه الفترة طويلة بحيث تسبب خللاً كبيراً في الميزان المائي للمنطقة التي تتعرض له (الكيلاني، 2002).

ويعرف مكتب الطقس الأمريكي (Dracup et al,1980) الجفاف بأنه قلة الهطول المطري كثيرا والذي يستمر طويلا مما يؤدي إلى الإضرار بالنبات والحيوان في مكان ما. وحسب هذا التعريف نجد أن نقص الأمطار يسبب مخاطر متعاقبة. أما (UNSO,1992) فقد ميزت بين الجفاف (Drought) لمدة 1 – 2 عام بمعدل مطر منخفض والجفاف الشديد (Desiccation) الذي يستمر لعقد أو اكثر من الزمن. وقد عرفت الاتفاقية الدولية لمكافحة التصحر (UNCCD,1994) الجفاف بأنه الظاهرة التي تحدث طبيعيا عندما ينخفض الهطول المطري انخفاضا ملحوظا بحيث يصبح دون المستويات الطبيعية المسجلة مما يسبب اختلالا هيدرولوجيا خطيرا يؤثر سلبيا في نظم الإنتاج لموارد الأراضي. وربط عدد من العلماء تعريفهم للجفاف بعناصر الدورة الهيدرولوجية وبشكل خاص الهطول المطري ومدى تأثيره في استعمالات المياه والحياة الاقتصادية بشكل عام، ومن وجهة نظر علم المناخ يعرف الجفاف بأنه انخفاض مؤقت للماء أو الرطوبة المناخية بمستوى اقل من الطبيعي أو الكمية المتوقعة لفترة معينة مع التأكيد على صفة العجز المائي المؤقت المتصل بمناخ منطقة محددة. ويعرف الجفاف من وجهة نظر زراعية بأنه استنفاذ لرطوبة التربة حتى تصل إلى مستوى يؤثر على إنتاجية المحاصيل والمراعي.

وقد عرفت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية الجفاف على انه ظاهرة جوية مركبة تنشأ نتيجة عدم هطول الأمطار لفترة زمنية مصحوباً بارتفاع درجات

الحرارة وتزايد شديد في التبخر. وينتج عن هذا الوضع استنزاف الرطوبة والعوز المائي حتى العجز وخلق ظروف غير مواتية لنمو النبات وبالتالي تدهور الإنتاج الزراعي الذي قد يصل إلى القحط التام. ويؤدي انخفاض الهطول المطري عن المعدل العام بشكل كبير إلى جفاف شديد جداً (الكيلاني، 2002).

ولابد من التمييز بين الجفاف (Drought) الناتج عن تغير في معدل التهطال، وهذا التغير غير ثابت والقحولة (Aridity) التي تشير إلى ظرف مناخي دائم (مستمر) مع معدل هطول مطري منخفض، كما أن هناك فرق بين الجفاف والتصحر (Desertification) الذي يعني تناقص قدرة الأرض البيولوجية على الإنتاج، ويعتبر الجفاف سبب من أسباب التصحر، أضف إلى ذلك أن التصحر تساهم فيه عوامل طبيعية وبشرية لاسيما أنشطة الإنسان السلبية كالرعي الجائر والحرائق والتحطيب والممارسات الزراعية الخاطئة وغيرها.

ويعرف الباحث الجفاف بأنه انحراف سلبي للهطول عن المعدل لفترة من الزمن قد تطول أو تقصر في منطقة ما، وناتج عن محصلة العلاقة بين ثلاثة عناصر هي: المطر والحرارة والتبخر.

أنواع الجفاف

صنف علماء المناخ والأرصاد الجوية والهيدرولوجيا الجفاف ضمن أربع فئات:

1 - الجفاف المناخي (Meteorological Drought)

وهو حالة مناخية مؤقتة تحدث عندما تنخفض كمية الهطول دون المتوسط أو تنعدم تماما لمدة طويلة.

2 – الجفاف الهيدرولوجي (Hydrological Drought)

وهذا ناتج عن الجفاف المناخي الذي يؤدي استمراره إلى انخفاض مستوى المياه الجوفية وتناقص الجريان السطحي إلى درجة كبيرة وبالتالي النقص الحاد في تدفق الأنهار والينابيع.

3 – الجفاف الزراعي (Agricultural Drought)

وهو جفاف يؤدي إلى تدني الإنتاج الزراعي وتناقص المحصول نتيجة للانخفاض الكبير في رطوبة التربة وتناقص كمية الماء المتاح للنبات (حسن، 2001).

4 – الجفاف الاقتصادي (Economical Drought)

ويقصد به الآثار الاجتماعية والاقتصادية التي تتركها الأنواع السابقة من الجفاف على الأنشطة الاقتصادية المختلفة مما يجعل الحياة صعبة في المناطق التي تتعرض للجفاف بأنواعه المختلفة. وتبدأ الهجرة من هذه المناطق ومظاهر التدمير للحياة النباتية والثروة الحيوانية، وخير مثال على ذلك الجفاف الذي شهدته قارة أفريقيا في فترات متتالية منذ السبعينات وحتى التسعينات من القرن الماضي (الصالح،2002). ويمكن تصنيف الجفاف إلى نوعين:

أ – الجفاف الجوي

ويحدث هذا النوع من الجفاف عندما تقترن الحالة الجوية بنقص في الأمطار الساقطة وازدياد في درجة حرارة الهواء وانخفاض في رطوبته.

ب – جفاف التربة

وهو ناتج عن الجفاف الجوي، ويقصد به حالة التربة التي تصبح بها غير قادرة على تامين الرطوبة المناسبة لنمو النبات والمحاصيل الزراعية(الجوراني،1990).

العلاقات المناخية وأدلة الجفاف

حظيت مشكلة الجفاف باهتمام العلماء والباحثين منذ بداية القرن العشرين، ووضع العديد منهم معادلات رياضية وإحصائية لتسهيل دراسة علاقة الماء بالنباتات والتنبؤ بالجفاف وتقدير تكرار حدوثه، كما اتبع العلماء طرق لتعريف المناطق الجافة وتحديد هوامشها من خلال الاستعانة بالتحليل الدقيق لعوامل المناخ. واعتبر بعض العلماء ان معدل المطر السنوي 254 ملم (10 بوصة) الحد الفاصل بين المناطق الجافة والمناطق غير الجافة، ولكن هذا المعيار يهمل درجة الحرارة، وكذلك تأثير القيمة الفعلية للأمطار (فاعلية المطر).

وتختلف شدة الجفاف من مكان إلى آخر وفق أنماط المناخ السائد، كما وتختلف شدته حسب طول الفترة التي يمكثها ومن حالة إلى أخرى، ولذلك فان المقارنة بين

حالات الجفاف من الناحية الزمانية والمكانية لا يصح إلا باستخدام قرائن الجفــاف، وتختلف هذه المعايير والقرائن من حيث عدد ونوع المتغيرات التــي تــدخل فــي حسابها، فبعضها يستخدم عنصر مناخي واحد، والبعض الآخر يستخدم عدة عناصر مناخية، وبعضها يربط الجفاف برطوبة التربة مثل مؤشر بالمر Palmer. وفيما يلي أهم هذه القرائن والعلاقات:

1 – تصنيف كوبن (Koppen, 1931) للمناخ الجاف:

اعتمد كوبن في تحديد درجة الجفاف على عنصري الأمطار والحــرارة، حيــث يعرف كوبن المناخ الجاف بالعلاقة ($p<t$) للمناطق ذات المطر الشتوي، وبالعلاقة ($P<t + 7$) للمناطق التي أمطارها غير فصلية، وحدد كوبن المناخ شــبه الجــاف بالعلاقة ($P<2t$) للمناطق ذات المطر الشتوي، والعلاقة ($P<2t+14$) للمناطق التي ليس فيها فصل ممطر مميز.

حيث ان:

P = الهطول السنوي بـــ سم.

t = متوسط درجة الحرارة السنوية بالدرجات المئوية.

ومعيار درجة الجفاف عند كوبن للمناطق ذات الأمطار الشتوية نحــصل عليــه بقسمة المتوسط السنوي للمطر (P) بالسنتيمترات على المتوسط السنوي لدرجــة الحرارة بالدرجات المئوية (T).

$$\text{معيار درجة الجفاف} = \frac{P}{T}$$

فاذا كان الناتج اقل من (1) فان هذه المناطق جافة، وإذا كان ناتج القسمة يتــراوح بين اكثر من (1) واقل من (2) تكون مناطق شبه جافة أو ســهوب (أبــو الفــتح، 1997، شاهين، 1976).

وعليه يكون التفريق بين المناخ الجاف وغير الجاف مع الأخذ بعين الاعتبار موسم سقوط الأمطار وفق المعادلات الثلاث التالية:

عندما يكون المطر شتويا $I = \frac{P}{T}$

عندما يكون المطر صيفيا $I = 14 + \frac{P}{T}$

عندما يكون المطر موزعا على مدار السنة $I = 7 + \frac{P}{T}$

فاذا كان الناتج اكثر من (1) فان المناخ يكون شبه جاف أو مناخ استبس وإذا كانت النتيجة اقل من (1) فان المناخ يكون جاف (جودة، 1996).

2 – قرينة القارية لـــ دي مارتون Demartonne Index (1926).

اعتمد دي مارتون على بيانات الأمطار ودرجة الحرارة للحصول على معيار يحدد درجة الجفاف باستخدام المعادلة التالية:

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

حيث ان :

P : كمية الهطول السنوي بالملم.

وتم إضافة (10) للمقام تلافياً للقيم السالبة.

وحسب هذا الدليل (I) يصنف المناخ إلى خمس فئات:

جدول رقم (3)

تصنيف المناخ حسب دليل القارية لـــ ديمارتون.

نوع المناخ	قيمة (I)
جاف	5 >
شبه جاف	5 − 10
شبه رطب	10 − 20
رطب	20 − 30
رطب جداً	30 <

ومن المآخذ على معيار دي مارتون انه يجعل عملية التبخر تبدو وكأنها مرتبطة بدرجة الحرارة فقط، ويهمل فصلية الأمطار وعلاقة التبخر بعوامل أخرى مثل رطوبة التربة، ونسيج التربة، وقوة الرياح والضغط الجوي والرطوبة النسبية، ونمط استخدام الأرض، ويعتبر هذا المعيار مقبولا ولكنه لا يعطي نتائج دقيقة (أبو الفتح، 1997).

3 − قرينة لانج (Lang)

توصل (لانج) إلى معيار لقياس درجة الجفاف وذلك بقسمة المتوسط السنوي للأمطار بالمليمترات (P) على المتوسط السنوي لدرجة الحرارة بالدرجات المئوية(T).

معيار درجة الجفاف = $\frac{P}{T}$

فإذا كان ناتج هذه النسبة اقل من (40) فان المنطقة جافة، وإذا زاد ناتج هذه النسبة عن (40) فان المنطقة رطبة (أبو الفتح، 1997). ومن المآخذ على هذا المعيار انه يهمل عملية التبخر ويهمل القيمة الفعلية للأمطار، ولذلك لا يصلح لقياس درجة الجفاف في مختلف البيئات.

4 – قرينة فولي للجفاف (Foly Drought Index , 1957).

درس (Foly) المناخ وظاهرة الجفاف في استراليا واستخدم بيانات مناخيـــة لفترة طويلة من الزمن معتمدا على انحراف قيم الأمطار الشهرية أو الفصلية عـــن معدلاتها، ورسم منحنى يبين فترة وكمية النقص في الهطول المطـــري (الـــصالح، 2002).

تركز قرينة فولي على حساب الانحراف الشهري للأمطار عن المعدل العـــام لنفس الشهر، وبقسمة كل انحراف شهري على المعدل السنوي للأمطار ثـــم قـــسمة الناتج على 1000 وينتج عن هذه القسمة وحدات (Units)، ثم تجمع هذه الوحدات لكي تعطي فكرة واضحة عن الجفاف في تلك الفترة، وقد أجرى فولي تطويراً على طريقته وذلك بقسمة كل وحدة على عدد الأشهر خلال فترة الدراسة، ويتم حـــساب شدة الجفاف وفق المعادلة التالية:

$$D = P - \bar{P}$$

$$S = \frac{D}{\bar{R}}$$

$$U = \frac{S}{1000}$$

$$Z = \frac{U}{N}$$

حيث أن

P : كمية الأمطار الشهرية.

$\bar{P}$: المعدل المطري الشهري.

D : الانحراف الشهري للأمطار عن المعدل الشهري.

$\bar{R}$: المعدل السنوي للأمطار.

S : ناتج قسمة الانحراف الشهري على المعدل السنوي.

U : التقسيم بالوحدة (Unit).

N : عدد أشهر الدراسة.

Z : قرينة لقياس شدة الجفاف (إبراهيم، 1989).

التغير المناخي والجفاف

إن التغير المناخي بأسبابه الطبيعية والبشرية يأتي في مقدمة العوامل المسؤولة عن حدوث الجفاف وتكراره وتوزيعه الزماني والمكاني على سطح الأرض، وتشير الدراسات إلى أن التغير المناخي له اثر كبير في تكرار حالات الجفاف، وان تناقص الأمطار يعد جزءاً من التغير المناخي في العالم والناتج عـن تعـديلات جوهريـة طرأت على الدورة العامة للهواء (شحادة، 1978).

تختلف كمية الأمطار من فترة إلى أخرى ومن مكان إلى آخر، ويعود الاختلاف الفصلي والمكاني في الهطول إلى التغير في مقدار الإشعاع الشمسي والدورة العامة للرياح على سطح الأرض، مما يحدث خللاً في زمن ومسار هذه الرياح سواء كانت رطبة أم جافة على سطح الأرض، وبالتالي حدوث الجفاف فـي منـاطق وزيـادة التهطال في مناطق أخرى، وقد تتركز الأمطار في أوقـات محـددة مـن الـسنة (Linacre and Geerts, 1997).

وترتبط حالات الجفاف في العروض الوسطى بوجود أنماط ثابتة من الـدورة الهوائية العامة مع توقف الرياح الغربية التي تسود هذه العروض مسببة الجفاف في بعض المناطق، وربما يرتبط الارتفاع البسيط في الضغط الجـوي فـي العـروض الوسطى من نصف الكرة الشمالي بحالات توقف الرياح الغربية وتبـادل الـضغط المرتفع والضغط المنخفض عند خطوط طول مختلفـة ضـمن نطـاق العـروض الوسطى (جاد، 1982). ومن وجهة النظر هذه يكون الجفاف نـاتج عـن عوامـل طبيعية. وفي المقابل تشير الكثير من الدراسات إلى أن الإنسان يلعب دور بارز في حدوث التغيرات المناخية والتي تسبب اختلافاً في كمية التهطال، فقـد ازداد تـأثير الإنسان على البيئة منذ بداية القرن الماضي، حيث بدأ الاهتمام من قبل العلماء بهذه التأثيرات البشرية على عناصر البيئة لا سيما الغلاف الجوي، وقبل ذلك لـم يكـن هناك أي اهتمام يذكر في النشاطات البشرية وأثرها، بل انصب اهتمام العلماء على دراسة البيئة الطبيعية (Gregory,1988).

ومن المعروف أن التغيرات المناخية ليست أمرا جديدا على هذا الكوكب، فعلى سبيل المثال حدثت تغيرات كبيرة في مستوى سطح البحر على مدار تاريخ الأرض الطويل. وخلال فترة الدفء التي جاءت بعد انتهاء العصر الجليدي الصغير (حوالي 120 ألف سنة مضت) كان معدل درجة حرارة الأرض أقل مما هو عليه الآن، وكان مستوى سطح البحر أعلى مما هو عليه الآن بحوالي 5 – 6 متر (Houghton,2002). وهذه التغيرات في مستوى سطح البحر ودرجات الحرارة نتج عنها تغيرات في نمط الدورة العامة للرياح والتيارات البحرية، وبالتالي حدوث الجفاف نتيجة اختلال معدل التهطال.

وفيما يتعلق بالاتجاهات الحالية للأمطار في الأردن فليس هناك اتفاق حول ذلك، كما هو الحال بالنسبة للحرارة، فقد أشارت بعض الدراسات إلى أن الأمطار أخذت في التناقص منذ نهاية القرن التاسع عشر، إلا أن دراسات أخرى أشارت إلى تزايد الأمطار السنوية. فاتجاه الأمطار يشهد تقلباً من سنة إلى أخرى مما يجعل من الصعب التنبؤ باتجاهها، وقد ذكر شحادة (1978) أن السبب المحتمل لتناقص الأمطار في الأردن هو تزحزح نطاق الضغط المداري المرتفع والذي تقع الأردن على حافته الشمالية نحو الشمال خلال القرن الماضي، الأمر الذي دفع مسارات المنخفضات الجوية نحو الشمال، وان ذلك يعود إلى تغيرات طرأت على الدورة العامة للهواء في المنطقة، وهذا ما توصل إليه(Rosenan,1963).

وإذا ما ارتفعت درجة الحرارة في بلادنا فإن ذلك يؤدي إلى تناقص الأمطار وزيادة التبخر وبالتالي يحل الجفاف. ومن المحتمل أن تكون الملوثات الناتجة عن النشاط البشري (الحرائق، احتراق الوقود الاحفوري، وقذف الغازات الأخرى ...الخ) قد أدت إلى تغير في دورة الرياح العامة فوق المنطقة وحدوث أمطار غزيرة مثلما حدث في الموسم المطري 1991/ 1992 ولربما أدت الملوثات الناتجة عن حرب الخليج 1991 كاحتراق آبار النفط في العراق والكويت، وما رافق ذلك من حركة للطائرات والسفن والحرائق المحلية، بحيث شكلت سحب دخانية كثيفة شملت دول الخليج إلى انخفاض درجات الحرارة وتغير في دورة الرياح العامة فوق المنطقة وحدوث الأمطار الغزيرة والثلوج خلال الموسم 1991/ 1992. وانخفضت

معدلات درجة الحرارة في فصل الصيف بمقدار (1.5) درجة مئوية، وحوالي(4) درجات في الشتاء خلال الموسم المذكور (عبنده، 1992).

2.1 مشكلة الدراسة

ترك الجفاف آثاراً تدميرية في منطقة المرتفعات الجبلية خلال القرن الماضي، وقد زاد من المشكلة عدم الاهتمام بأساليب الحصاد المائي الكبيرة خاصة قبل الخمسينات من ذلك القرن. ويؤثر الجفاف بشكل مباشر وغير مباشر على الأنشطة المختلفة في المناطق التي تتعرض له؛ وقد جاءت هذه الدراسة لتحليل تكرار حالات الجفاف في المرتفعات الجبلية في الأردن خلال الثلاثين سنة الأخيرة من القرن الماضي، والتي أدت إلى تدهور الإنتاج الزراعي والرعوي في هذا الإقليم. أضف إلى ذلك التدهور البيئي الذي يحدثه الجفاف للموارد بشكل عام، حيث تضيع كميات كبيرة من الأمطار الساقطة على منطقة المرتفعات بالجريان نحو وادي الأردن، ولذلك تحاول هذه الدراسة بيان الخصائص المناخية وحالات الجفاف وأهمية استخدام تقنيات الحصاد المائي لمواجهة النوبات الجافة التي تتعرض لها المنطقة. وقد لوحظ أن تعاقب سنوات الجفاف وتدني الهطول كان سبباً في تناقص الغطاء النباتي، واتساع العمران على حساب الراضي الزراعية، وتدهور خصوبة التربة وانجرافها.

ان قضية تحديد فترات الجفاف وحساب تكرارها تحتاج على معرفة شاملة بمناخ المنطقة. وقد أشار (Baird) في بحثه لمشاكل حساب تكرار فترات الجفاف الشديدة، أن مبدأ حساب الفترات المتكررة للجفاف يحتاج إلى تأكيد من المتغيرات المستخدمة في التحليل، وان تقدير تكرار الفترة الجافة يختلف من بيئة إلى أخرى (الكيلاني، 2002). وتكمن مشكلة الدراسة أيضا في تعرض اقليم المرتفعات الجبلية الذي يعد من أكثر البيئات الأردنية أمطاراً لمواسم جافة تلحق الضرر بالإنتاج الزراعي والرعوي فيه. وعليه لا بد من توصيف الخصائص المطرية والحرارية للمنطقة. وسوف تحاول هذه الدراسة توضيح الأمور التالية:

1 – تكرار حالات الجفاف خلال العقود الثلاثة الأخيرة من القرن الماضي في المرتفعات الجبلية في الأردن.

2 – التوزيع الزماني - المكاني لحالات الجفاف في المرتفعات الجبلية.

3.1 مبررات وأهمية الدراسة

تعد البيئة الجبلية في الأردن من البيئات الملائمة لعيش الإنسان والحيوان والنبات، لذا جاءت هذه الدراسة لتعالج أخطر القضايا البيئية التي تواجه هذا الإقليم المنتج، وهي التوزيع الزماني والمكاني لحالات الجفاف فيها. وقد دلت الحفريات والنقوش الحجرية والفسيفساء على وجود الغابات وأنواع كثيرة من الحيوانات البرية في الاردن عبر الأزمان، وقد انقرضت بعض أنواع هذه الحيوانات مثل المها العربي، والماعز الجبلي، والثيران والاسود الجبلية، والغزلان وغيرها نتيجة للجفاف الناجم عن التقلبات المناخية الكبيرة والنشاط البشري السلبي. وللجفاف تأثيره الكبير على أوضاع السكان في المناطق التي تتعرض له، وتتفاقم المشكلة إذا تكررت سنوات الجفاف، حيث النقص في الموارد المائية السطحية والجوفية.

وأدى الامتداد العشوائي للمدن على حساب الأراضي الزراعية المنتجة في المنطقة الجبلية إلى تناقص المساحة المزروعة والقابلة للزراعة. ففي عام 1970 كانت المساحة المزروعة بالقمح 2.2 مليون دونماً تناقصت إلى 970 ألف دونماً عام 1981 (التل وساره، 1989). كما تناقصت الإنتاجية الزراعية بنسبة 50%. ونتيجة لذلك تضاعفت مساحة الأراضي الزراعية في المناطق الهامشية التي تعد مورداً رعوياً هام (أبو سته، 1999).

يمكن إجمال مبررات هذه الدراسة بما يلي:

1 – تعد دراسة وتحليل ظاهرة الجفاف في المرتفعات الجبلية في غاية الأهمية للتخطيط التنموي في المنطقة، حيث يرتبط ذلك باقتصاديات المنطقة وأوضاع السكان خاصة المزارعين فيها.

2 – التدهور الواضح للموارد المختلفة في المرتفعات الجبلية خلال العقود الماضية والذي يعتقد أنه ناتج عن عوامل بشرية وطبيعية.

3 – تعد هذه الدراسة من الدراسات البيئية والمناخية الهامة التي تحدد مشكلة هامة تواجه المنطقة المنتجة في الأردن وهي المرتفعات الجبلية، وهذا ما يبرز الأهمية التطبيقية لمثل هذه الدراسة. فعلى سبيل المثال تعاني المراعي الطبيعية في منطقة

المرتفعات الجبلية من التدهور المستمر، الأمر الذي أدى إلى تناقص الثروة الحيوانية وإنتاجيتها.

4 – إعداد وثيقة علمية عن حالة الجفاف في المرتفعات الجبلية في الأردن.

5 – عدم وجود دراسات سابقة تناولت التوزيع الجغرافي لحالات الجفاف في المرتفعات الجبلية وعلاقة الخصائص المناخية للمنطقة بحالات الجفاف.

6 – تزايد استيراد المواد الغذائية الزراعية والحيوانية في العقود الماضية.

4.1 أهداف الدراسة

ترتبط أهداف الدراسة بالتدهور البيئي في إقليم المرتفعات الجبلية في الأردن، فقد عانت المنطقة من فترات جفاف قاسية أثرت على إنتاجية المحاصيل الزراعية والمراعي الطبيعية، وكان لا بد من إجراء دراسة تتناول قضية الجفاف وتكرارها في هذا الإقليم المنتج، ومعرفة خصائص حالات الجفاف في المرتفعات الجبلية في الأردن.

كما وتهدف أيضا إلى محاولة سد بعض النقص في المعلومات الخاصة بالجفاف في المرتفعات الجبلية من حيث معرفة تكرار الجفاف وامتداده الجغرافي، وتحديد الفترات الجافة والرطبة التي مرت بها كل محطة من محطات الدراسة، وبيان أهمية استخدام الحصاد المائي في مواجهة ظروف الجفاف. كما هدفت الدراسة إلى اقتراح بعض السبل التي ينبغي اتباعها للتأقلم مع ظروف الجفاف.

الفصل الثاني

الخصائص العامة لمنطقة الدراسة

1.2 موقع منطقة الدراسة

تمتد منطقة المرتفعات الجبلية في الأردن فلكياً بين خطي عرض $(54'\ 29^{o} - 45'\ 32^{o})$ شمالا، وبين خطي طول $(35^{o} - 12'\ 36^{o})$ شرقاً , وجغرافياً تمتد المرتفعات الجبلية من الشمال إلى الجنوب على طول حفرة الانهدام (الصدع الغوري) من الجهة الشرقية، وتشرف على الغور بانحدار شديد بسبب طبيعتها الصدعية ولكن هذه المرتفعات تنحدر بشكل تدريجي وقليل نحو البادية الشرقية (الهضبة الشرقية) في الداخل، وتمتاز المرتفعات الجبلية في الأردن بارتفاع المعدل السنوي للأمطار فيها مقارنة مع المناطق الأخرى من المملكة (أبو طاهر، 1993، أبو سمور،1985).

وتقسم المرتفعات الجبلية في الأردن إلى ثلاثة أقسام رئيسية:

1 – المرتفعات الشمالية

وتمتد هذه المرتفعات من نهر اليرموك شمالاً حتى نهر الزرقاء جنوباً وتشمل جبال اربد وعجلون، وأعلى قممها تقع بالقرب من قلعة الربض (1250م)، وكذلك راس منيف (1150م)، ويتراوح متوسط الارتفاع فيها بين (600م – 1000م).

2 – المرتفعات الوسطى

تمتد هذه المرتفعات من نهر الزرقاء شمالاً إلى وادي الحسا جنوباً، ويتراوح متوسط الارتفاع في هذه المرتفعات بين(700م – 1000م). وتقسم هذه المرتفعات إلى ثلاثة أقسام :

أ – جبال البلقاء: وتمتد من نهر الزرقاء شمالا حتى وادي حسبان جنوباً ويتراوح متوسط ارتفاعها بين (700 م – 900م) وأعلى قممها جبل يوشع (1097 م).

ب – جبال مؤاب: تبدأ من وادي حسبان في الشمال حتى وأدي الموجب جنوباً، وتطل هذه الجبال بانحدار شديد على البحر الميت، وأعلى قممها هو جبل نيبو (802 م).

ج – جبال الكرك: تمتد جبال الكرك من وادي الموجب شمالاً حتى وادي الحسا جنوباً، وتمتاز بارتفاعها مقارنه مع المرتفعات الوسطى الأخرى، ويتراوح ارتفاعها بين (900م – 1000م) وأعلى قممها جبل الضباب (1331م).

3 – المرتفعات الجنوبية

تمتد هذه المرتفعات بمحاذاة وادي عربه من وادي الحسا شمالاً حتى الحدود السعودية جنوباً، وتتصف هذه المرتفعات بانحدارها الشديد، وتتميز بأنها أعلى من المجموعات الجبلية السابقة إذ يزيد ارتفاعها عن (1000م) ويصل ارتفاع بعض قممها إلى اكثر من (1600م) مثل جبل رم (1754م)، وجبل العطاعطه (1641م)، وجبل (أم الدامى) الذي يعتبر أعلى قمم الأردن حيث يصل ارتفاعه إلى (1854م).

وتحدد منطقة المرتفعات الجبلية في الأردن بالمناطق التي يزيد معدل الهطول المطري فيها عن (250) ملم سنويا إضافة للمناطق الشفاغورية وهي المرتفعات الشرقية المطلة على وادي الأردن (الجمعية الأردنية لمكافحة التصحر وتنمية البادية، 1997م)، كما يحدد إقليم المرتفعات بناءً على الارتفاع عن مستوى سطح البحر بأنه إقليم مرتفع ويضم من الشمال إلى الجنوب جبال عجلون وجبال البلقاء وجبال مؤاب وجبال الشراه في الجنوب، ويقطع سلسلة المرتفعات الجبلية هذه عدد من المجاري المائية الدائمة والأودية، ويتراوح ارتفاع إقليم المرتفعات بين (600م – 1500م) ويبلغ أقصى عرض لها نحو (50 كم) (المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 1996م).

جدول رقم (4)

بعض الخصائص المناخية والفلكية والجغرافية للمحطات المستخدمة في الدراسة.

المحطة	الموقع خط الطول E	خط العرض N	الارتفاع عن مستوى سطح البحر (م)	WMO No	معدل الأمطار	الفترة الزمنية
اربد	35˚, 51	33˚, 32	616	40255	471.6	1937-2000
راس منيف	35˚, 45	32 , 22	1150	40257	586.9	1961-2000
الجامعة الأردنية	35˚, 53´	32˚, 01´	980	-	481.3	1938-2000
الربة	35^0, 45	31˚,16	920	40292	335.6	1952-2000
الطفيلة/ الحسن	35^0, 43	30˚, 47	1200	40298	238.5	1971-2000
الشوبك	35^0, 32	30˚, 31	1365	40300	311.6	1938-2000



0كم 30

الشكل رقم (19)
إقليم المرتفعات الأردنية.

2.2 المساحة

تبلغ مساحة المرتفعات الجبلية تقريباً (9.4 %) من مساحة المملكة الإجمالية، والتي يزيد معدل التساقط فيها عن (250 ملم)، انظر الجدول رقم (5). وفي المقابل نجد أن المناطق التي يسقط عليها (300 ملم) فأكثر لا تشكل سوى(3%) من مساحة المملكة (مساعدة ، 1996م).

وقد قسمت المرتفعات الجبلية من الناحية المناخية في الأردن إلى منطقتين :

أ – المنطقة شبه الرطبة: وتمثلها منطقتي عجلون والسلط، وتمتاز هذه المنطقة بظروف مناخية جيدة من حيث الأمطار كما أن لها تربة وتضاريس معينة لذا تتصف بغطاء نباتي كثيف مقارنة مع غيرها من المرتفعات الجبلية.

ب – المناطق الجبلية شبه الجافة: ويمثلها في الشمال منطقة (اربد) وفي الوسط (عمان) وفي الجنوب (الربة والطفيلة والشوبك) وتمتاز هذه المناطق باختلاف متوسط الارتفاع فيها ، ففي المناطق الشمالية والوسطى لا يتجاوز الارتفاع فيها عن (1000م) عن مستوى سطح البحر إلا في بعض المناطق، بينما يزيد الارتفاع عن (1600م) في المرتفعات الجنوبية كما هو الحال في الرشادية والشوبك (أبو سمور، 1985م).

وعليه فان المرتفعات الجبلية تشغل نطاقاً ضيقاً (طولياً) يمتد من الشمال إلى الجنوب على الحافة الغربية للبادية الشرقية، ويتخلل هذه المرتفعات بعض السهول

الخصبة مثل سهول اربد ومأدبا والكرك، وتعتبر مساحة المرتفعات صغيرة مقارنة مع البيئات الأردنية الأخرى. جدول رقم (5)

توزيع المساحة والأمطار في الأردن

معدل هطول الأمطار (ملم)	المساحة (هكتار)	النسبة من المساحة الكلية (%)
اقل من 50	5570037	0.63
50 – 100	1385100	0.16
100 – 200	1139500	0.13
200 – 300	394800	0.04
300 – 400	178800	0.02
400 – 500	125300	0.01
أكثر من 500	97900	0.01
المجموع	8891437	100

المصدر: الجمعية الأردنية لمكافحة التصحر وتنمية البادية بالتعاون مع المركز الجغرافي الملكي 2002.

3.2 السكان

بلغ عدد سكان الأردن حوالي (5.3) مليون نسمة عام 2001م وبمعدل نمو سكاني بحدود (3.4 %)، وتشير بيانات دائرة الإحصاءات العامة إلى ارتفاع الكثافة السكانية في إقليم المرتفعات مقارنة مع البيئات الأخرى في المملكة، ويرتبط توزع السكان في المرتفعات الجبلية في الأردن مع توزيع سقوط الأمطار (الخفاف والمومني، 1995). ويتواجد معظم السكان في المناطق الجبلية المرتفعة، وتزداد كثافة السكان في الأجزاء الشمالية والوسطى من تلك المرتفعات حيث ينتشر ما يزيد على (91 %) من السكان في مدنها وقراها، بينما يقل هذا الانتشار كلما اتجهنا جنوباً وشرقاً من هذه المرتفعات، ولعل ذلك يعود إلى اعتدال المناخ وتوفر المياه وخصوبة التربة (بني هاني، 2001م).

وتاريخياً تعتبر الهضاب المرتفعة سبباً في وجود الاستيطان العمراني منذ عصور قديمة، ومن هذه المستوطنات البشرية القديمة عمان واربد وجرش والسلط ومؤاب والكرك ومادبا والبتراء والطفيلة وغيرها، إذ يعود تاريخ بعض هذه المستوطنات إلى آلاف السنين، فهي اكثر البيئات امطاراً فضلاً عن وجود اخصب أنواع الترب في هذه المرتفعات خاصة الشمالية والوسطى منها، وتتصف المرتفعات الشمالية باستواء السطح في هضابها وتتمتع بتربة سوداء من نوع الرندزينا والتربة الحمراء العميقة، وفي المرتفعات الوسطى هنالك هضاب سلمت من عوامل التعرية

المائية كما هو الحال في مادبا والكرك، أما مرتفعات الشراه فالمساحات الزراعية والصالحة للزراعة متناثرة وكذلك العمران البشري ويعود ذلك إلى بنية هذه المرتفعات التي تشكل كتل صدعية منعزلة (البحيري، 1992م). وخلال القرن التاسع عشر تركز السكان في منطقة عجلون وما حولها بسبب رطوبة المنطقة، كما توزعت المستوطنات البشرية خلال القرن الماضي في إقليم المرتفعات بشكل يتفق مع توزيع الأمطار، وتنتشر المستوطنات البشرية على مساحة واسعة في الشمال وتضيق كلما اتجهنا جنوباً حتى راس النقب بحيث شملت سهول اربد وغربي عمان وجنوبها ومادبا والكرك، أضف إلى ذلك تركز السكان في الشمال والمناطق التي تزيد أمطارها عن 300 ملم، أما المناطق الجنوبية من المرتفعات فيتركز السكان في المناطق التي يزيد الهطول المطري عن 200 ملم (برهم، 1986م).

وبما أن إقليم المرتفعات يضم ما يزيد على (91 %) من السكان فقد جاء هذا التوسع على حساب الأراضي الزراعية الخصبة، كما أن هذا الانتشار السكاني كان عشوائياً في الغالب مما زاد من كلفة توفير الخدمات وصعوبة إقامة المشاريع وصيانتها (بني هاني،2001). وفي المرتفعات الأردنية نجد أن هناك تدرجاً ملفتاً للنظر في كثافة المستوطنات البشرية من الشمال إلى الجنوب، وهذه الكثافة تتوافق مع صلاحية الأرض الزراعية ومعدلات الأمطار (هوتيرت، 1983).

ويتأثر توزيع السكان في المرتفعات الجبلية بمجموعة من العوامل الطبيعية والبشرية، فمن العوامل الطبيعية المناخ الذي يعتبر من الضوابط التي تتحكم في توزيع السكان خاصة عنصر الأمطار، حيث يتركز السكان في المناطق التي يزيد معدل الهطول عن 250 ملم، كما تلعب التضاريس دور في توزيع السكان حيث تركز السكان في المناطق السهلية، ونظرا لعدم وجود السهول الفيضية (النهرية) فقد أصبحت المرتفعات الجبلية غير المعقدة مناطق جذب سكاني. وللتربة دور بارز في رسم خريطة توزيع السكان، وتمتاز تربة المرتفعات بخصوبتها (تربة البحر المتوسط)، كما وتعد الموارد الطبيعية عامل طبيعي هام له أثره في توزيع السكان كخامات الفوسفات والأسمنت. أما العوامل البشرية المؤثرة في توزيع السكان فهي كثيرة فالعامل الاقتصادي يظهر من خلال ظروف البيئة الطبيعية مثل النشاط

الزراعي السائد في المرتفعات الجبلية لا سيما الزراعة البعلية، أضف إلى ذلك المواصلات وطرق النقل والخدمات الأخرى، لها أثرها في توزيع السكان في المرتفعات (الخفاف والمومني، 1995).

4.2 الموارد المائية

يعد الأردن من البلدان التي تعاني شحاً في المصادر المائية بسبب تدني معدل هطول الأمطار فوق غالبية مساحته (الشكل، 20). ويمكن تقسيم مصادر المياه في الأردن إلى:

أ– مصادر المياه التقليدية:

1 – المياه السطحية: تتوفر موارد المياه السطحية في الغالب في المرتفعات الجبلية والأودية التي تتخللها (بني هاني، 2001). ويعتبر حوض نهر الأردن من أهم الموارد المائية السطحية، وقد قسمت المملكة إلى عدة أحواض مائية. الشكل (21). ويوجد في الأردن عدد من السدود المقامة على الأودية الكبير التي تتخلل المرتفعات.

2 – المياه الجوفية (متجددة، غير متجددة): وهي المياه التي توجد في الطبقات السطحية في باطن الأرض.

3 – مياه الينابيع: وهي المياه الفائضة عن المخزون الجوفي، وتخرج إلى السطح نتيجة للتغذية المائية الطبيعية ومنها تتكون الأودية والسيول في فصل الصيف.

ب – مصادر المياه غير التقليدية:

1 – المياه المعالجة: وهي المياه الناتجة عن محطات التنقية وهي في تزايد.

2 – تحلية المياه: ويقصد بذلك الحصول على المياه العذبة من خلال عملية التقطير لمياه البحر. وقامت الحكومة الأردنية ممثلة بوزارة المياه والري بدراسة الجدوى الإقتصادية لتحلية المياه الجوفية المالحة في المنطقة الواقعة بين دير علا والكفرين، وأكدت الدراسة إمكانية تحلية هذه المياه وبكلفة معقولة.

3 – التغذية الاصطناعية: عبارة عن تغذية المياه الجوفية عن طريق حفر آبار الحقن (الجمعية الأردنية لمكافحة التصحر وتنمية البادية، 2002).

ويبين الجدول رقم (6) الكمية السنوية لمصادر المياه في الأردن.

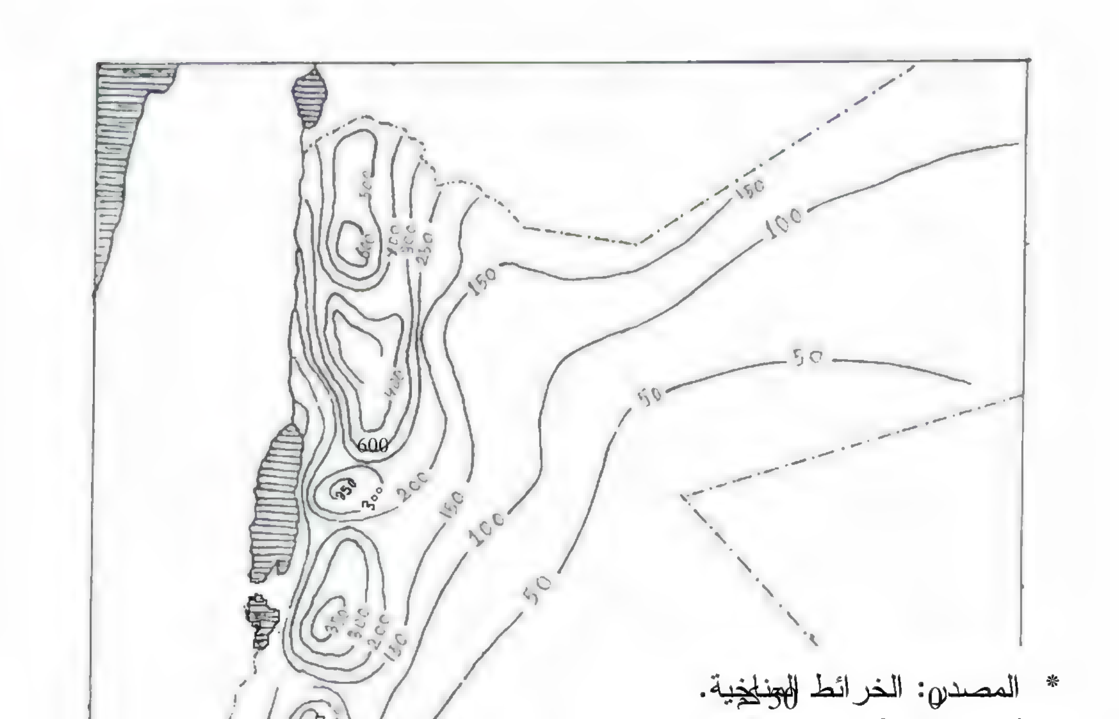
جدول رقم (6)

الكمية السنوية لمصادر المياه في الأردن.

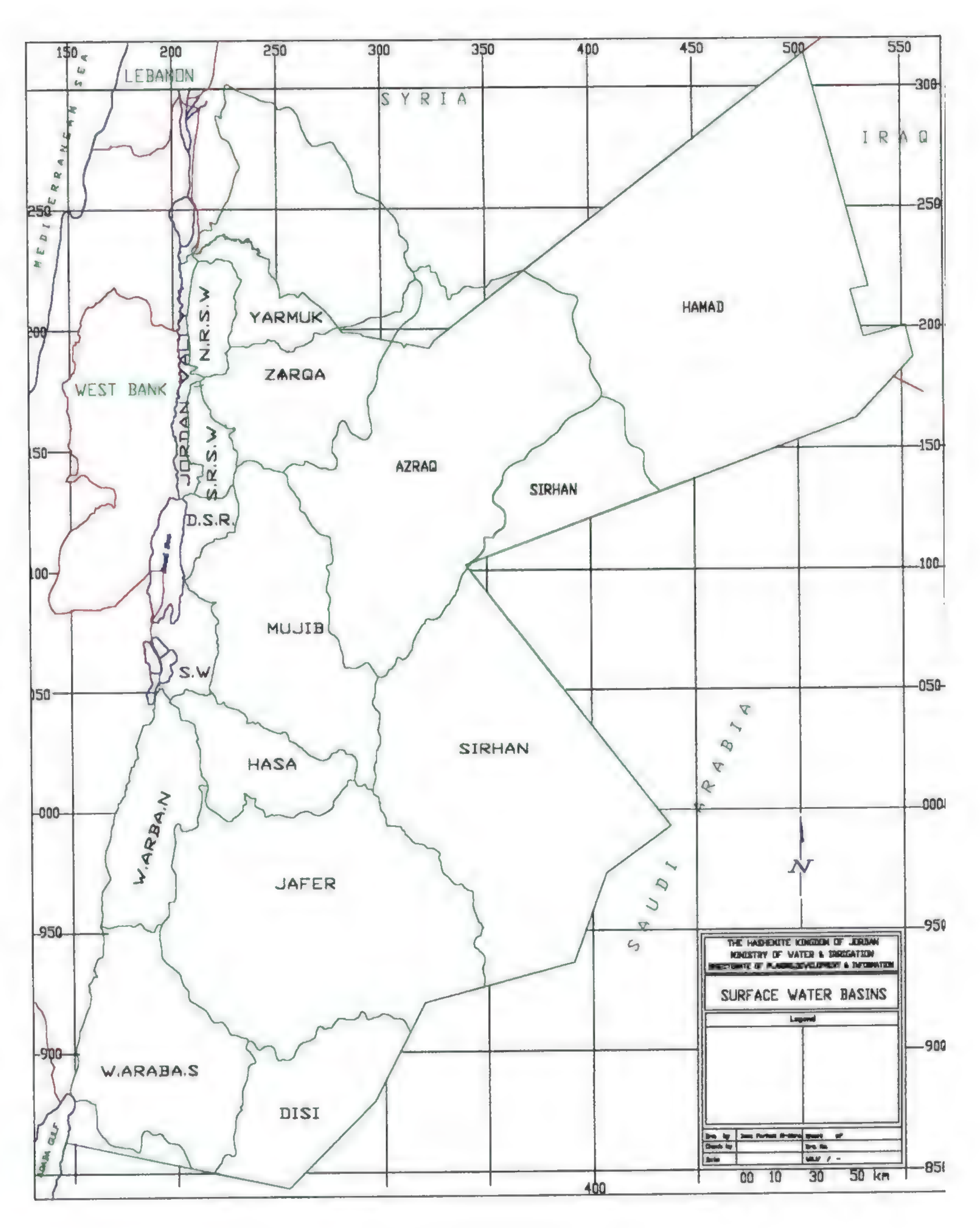
المصدر	الكمية / سنة
مياه جوفية متجددة	280 مليون م^3
مياه جوفية غير متجددة	180مليون م (مدة 100 عام)
مياه سطحية	755 مليون م^3
مياه معالجة	32 مليون م^3
المجموع	1247 مليون م^3

المصدر: المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 1996

وتعتمد المصادر المائية الواردة في الجدول أعلاه (باستثناء المياه الجوفية غير المتجددة) كلية على مياه الأمطار التي يقدر حجمها بحوالي (8350) مليون م^3 سنويا، يضيع حوالي 85% منها بالتبخر والباقي يتوزع على شكل مياه الفيضانات وتغذية المياه الجوفية المتجددة. ويقدر المعدل السنوي للمياه السطحية بحوالي (755) مليون متر مكعب. أما المياه الجوفية المتجددة فهي المياه التي تصل إلى الطبقات المائية نتيجة تغذيتها بقسم من مياه الأمطار عن طريق الشقوق والمسامات الموجودة فيها، ويعتمد معدلها السنوي على معدل التساقط المطري (وزارة المياه والري، 2002 ، شبكة المعلومات، 2003). وحاليا تولي الحكومة قطاع المياه أهمية كبيرة كونه العامل المحدد لجميع الأنشطة الاقتصادية، وذلك لتفادي أي نقص محتمل في المستقبل لهذا المورد الهام (المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 1996).



* المصدر: الخرائط المناخية.



شكل رقم (21)
خريطة الأحواض المائية في الأردن.

* المصدر: وزارة المياه والري، 2004.

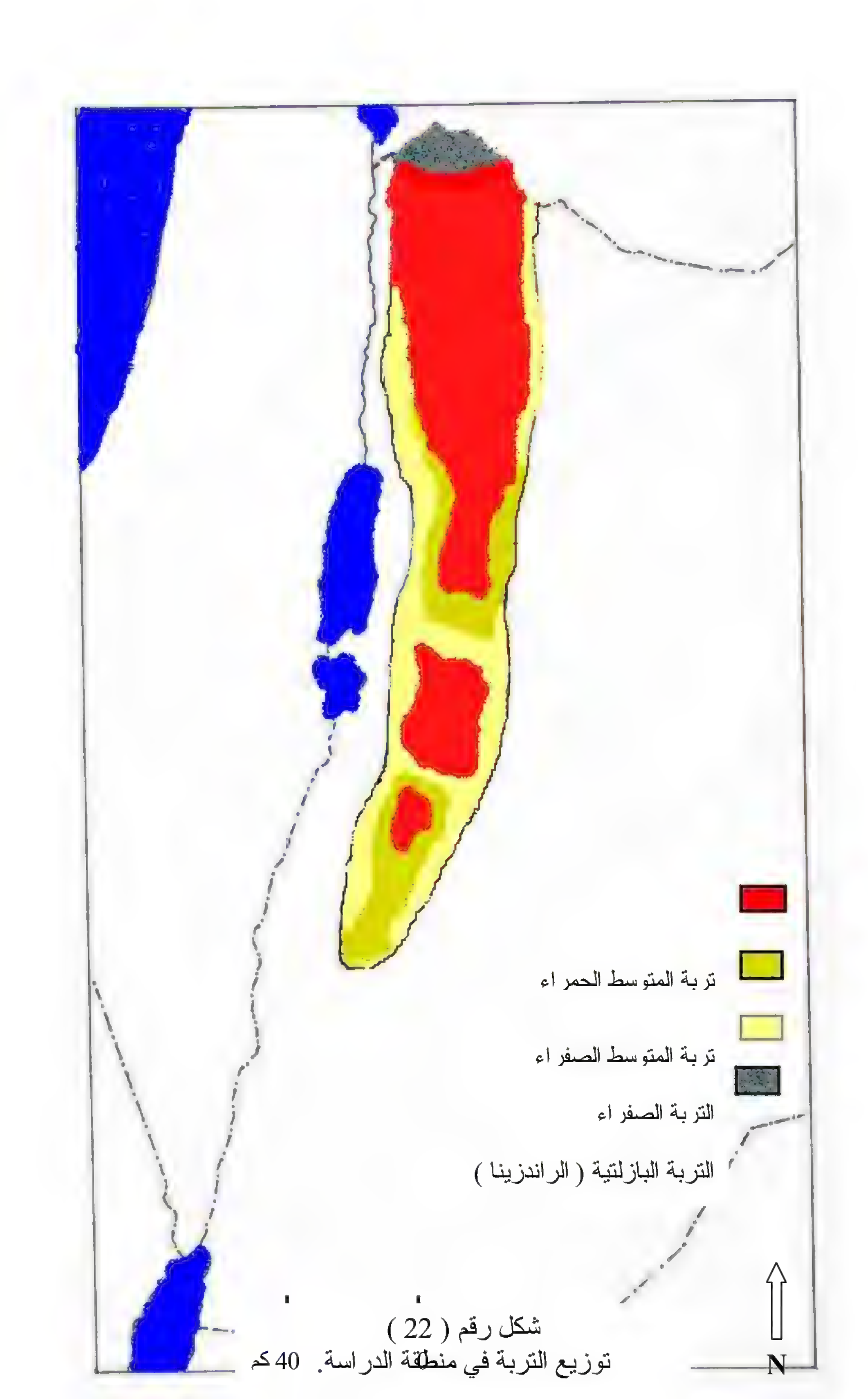
5.2 تربة منطقة الدراسة

تصنف تربة المرتفعات الجبلية في الأردن ضمن التربة المتوسطية الحديثة Xerorthents وهي تربة قليلة العمق وعرضة للانجراف وتنتشر في قمم الجبال والتلال والمنحدرات الشديدة (البحيري،1991م). وقد تكونت هذه التربة في ظل ظروف مناخية رطبة كتلك التي تنتشر في هضاب وسهول إقليم المرتفعات (سقوف المرتفعات)، أما التربة المنقولة التي تكونت خلال حقبة المناخ الحالي فتتواجد في المنحدرات، وتشير الدراسات إلى أن التربة في الأردن بشكل عام تأثرت بفعل تتابع أربعة حقب مناخية هي: مناخ رطب جداً، مناخ جاف، مناخ رطب، مناخ جاف – المناخ السائد حالياً– (الجمعية الأردنية لمكافحة التصحر وتنمية البادية، 1997).

ويسود نوعان من التربة في المرتفعات الجبلية هما: التربة الحمراء، والتربة الصفراء، بالإضافة إلى تربة الرندزينا في الأطراف الشمالية للمرتفعات الجبلية الشكل (22) وهي في الأصل صخور طباشيرية (البحيري،1991م). ويرتبط توزيع التربة بكميات الأمطار (الرطوبة) فالتربة الحمراء تتواجد في المرتفعات التي يزيد معدل الأمطار فيها عن (350 ملم)، بينما تنتشر التربة الصفراء في المرتفعات والمنحدرات التي يتراوح معدل الأمطار بين (300–200 ملم) وتعاني هذه التربة من ارتفاع معدل الانجراف فيها الناتج عن قلة المواد العضوية وقلة العمق وانحدار السطح، أضف إلى ذلك طول فترات الجفاف وعدم استمرارية الأمطار والذي من شانه تفككها وضعف تماسكها بالإضافة إلى قصر فترة احتفاظها بالرطوبة (رمضان، 1987م). ومن خصائص التربة الحمراء المنتشرة في المرتفعات الجبلية ارتفاع نسبة الطين فيها ووجود الكلس بنسبه متوسطة، أما التربة الصفراء فتنتشر في المناطق الأقل ارتفاعا في المناطق الجبلية وسفوح الجبال وهي غنية بكربونات الكالسيوم واكثر صلابة من التربة الحمراء (العنانزة، 1996 م).

لعبت التغيرات المناخية دورا في تغيير خصائص التربة في المرتفعات، فقد تطورت تربة المرتفعات الجبلية تحت ظروف مناخية اكثر رطوبة من المناخ الحالي، ولكن هذه التغيرات لم تفقدها إنتاجيتها بالكامل إلا في بعض المناطق المحدودة، ويعود التدهور الحالي للتربة في المرتفعات الجبلية إلى تزايد النشاطات

السكانية خلال العقود الماضية وليس المناخ الحالي إذ لا يصنف ضمن المناخ الجاف كما تشير الدراسات، ولكن هذه النشاطات البشرية زادت من قدرة المنـــاخ الحـــالي على إحداث التدهور (Taimeh, 1984). وقد أدت الفترات الجافة التي تعرضـــت لها المنطقة إلى زيادة معدل انجراف التربة وتفككها، فضلاً عـــن القـــضاء علـــى خصوبتها وفقدان رطوبتها مما أثر ويؤثر علـــى إنتاجيـــة المحاصـــيل الزراعيـــة والمراعي والغابات فيها.



شكل رقم (22)
توزيع التربة في منطقة الدراسة.

6.2 الدراسات السابقة

هناك دراسات كثيرة جداً حول الجفاف بشكل عام، ولكن الدراسات المتعلقة بموضوع الجفاف وتوزيعه الجغرافي وتكراره في الأردن قليلة. وهناك دراسات أجنبية وعربية عن الموضوع.

1.6.2 الدراسات الأجنبية

حظي موضوع الجفاف وتكراره بدراسات متعمقة في بقاع كثيرة من العــالم. وقد حاول بعض العلماء وضع قرائن لتقدير شدة الجفاف لمعرفة مدى الأضرار التي

يحدثها. فعلى سبيل المثال قام عالم المناخ (Palmer, 1965) بدراسة استخدم فيها مؤشره المعروف Palmer Index واعتمد على حساب الموازنة المائية مستخدماً طريقة ثورنثويت Thornthwaite وطبق ذلك على غرب (Kansas) ووسط (Iowa) في الولايات المتحدة، وصنف بالمر الجفاف إلى درجات وفق قرينته. وفي عام 1978 درس بالمر الجفاف في الوسط الغربي من الولايات المتحدة وقسم فترة الدراسة إلى فئات عشرية، وقد درس (Shelton,1977) الجفاف الذي تعرضت له كاليفورنيا عام 1976 / 1977م، وقدر الخسائر الناجمة عن موجة الجفاف في مختلف القطاعات الاقتصادية. أما (Tapony,1977) فتناول الجفاف في بريطانيا عام 1976 واستخدم أربعة قرائن لقياس كل نوع من أنواع الجفاف في منطقة " Kew " في بريطانيا، حيث كانت القرينة الأولى والثانية لقياس الجفاف المناخي، وقد حسب هذه القرينة وفق المعادلة التالية:

$$DM = (R - \bar{R}) / \bar{R}$$

حيث:

R : كمية المطر الشهري.

$\bar{R}$: معدل المطر الشهري.

ويمكن مقارنة الجفاف المناخي بين عدة فصول وفق هذه القرينة، وحتى يكون بالإمكان مقارنة الجفاف مكانيا ولنفس الفترة فقد عدلت القرينة الأولى بحيث أصبحت كالتالي:

$$Dm2 = (\bar{R} - \overline{PE}) - (R - PE) / R$$

حيث أن :

PE : كمية التبخر الكامن خلال الموسم أو الشهر.

$\overline{PE}$: المعدل الشهري للتبخر الكامن.

أما القرينة الثالثة فهي لقياس الجفاف الهيدرولوجي:

$$Dh = Re$$

حيث أن :

Re : كمية الأمطار الفعالة بعد انتهاء عملية التبخر وبعد أن تمتص التربة حاجتها من الرطوبة لنمو النبات.

واستخدم القرينة الرابعة لقياس الجفاف الزراعي وهي:

$$Da = PE - AE$$

حيث أن :

AE : النتح والتبخر الحقيقي من الطبقة السطحية للتربة.

وهذه القرينة تصلح لقياس اثر الجفاف على الأعشاب، ولا تصلح لقياس اثر الجفاف على المحاصيل الزراعية وذلك لان المحاصيل الزراعية تختلف في درجة تأثرها بالجفاف.

ومن الدراسات التي تناولت الجفاف تلك التي قام بها (Folly,1957) والتي تعتبر أول دراسة علمية تناولت الجفاف في استراليا، فقد نظم الباحث بيانات الأمطار وحاول المقارنة بين هذه البيانات وحدوث الجفاف ووضع مؤشر (قرينة) لقياس الجفاف (Folly Index).

ومن الدراسات الهامة في هذا المجال الدراسة التي قام بها (Gibbs and Maher,1965) حيث قام الباحثان بترتيب بيانات الأمطار تنازلياً للفترة ما بين 1865 – 1985 وتقسيمها إلى فئات عشرية، ومن خلالها تم التمييز بين الفترات الجافة والفترات الرطبة (إبراهيم،1989).

وقد استخدم (Rosenzweig and Hillel,1993) مؤشر خطورة الجفاف (PDSI) لبالمر (Palmer)في تسع مواقع في السهول الكبيرة وسط الولايات المتحدة الأمريكية لتوصيف الجفاف في هذه المناطق. كما أجري تحليلاً لمواصفات الجفاف المحلي والإقليمي في منطقتين من صقلية (Sicily) بإيطاليا، واعتمدت الدراسة أربع محطات مناخية للفترة 1921 – 1996 وأعتمد المعدل السنوي للأمطار والسنة المائية والمقياس الزمني (الفصل 3 أشهر)، وتم إجراء مقارنة بين نتائج هذه الدراسة مع نتائج دراسات أخرى أجريت لبعض دول البحر المتوسط كتونس والبرتغال، وتم اختيار منطقتين في الأردن تحوي ثلاث محطات مناخية. وأظهرت

الدراسة ميل سلبي للهطول في جميع المناطق المدروسة، وتزايد تكـرار الجفـاف وشدته ومدته للمناطق كلها، أنظر (الصالح، 2002).

وقد بينت الكيلاني (2002) أن (Estrela and Alvarez,2001) قاما بتحليل الجفاف في أوروبا من بداية القرن العشرين وحتى نهايته (1901 – 1999) واستخدم الباحثان سلسلة الهطول المطري السنوي، وشملتها الدراسة 920 حوضا نهريا قسمت إلى مجموعات بناءً على تشابه المناخ. وطبقت عليها عدة قرائن لتحديد الجفاف. وتم إعداد جدول لحوادث الجفاف التي مرت بها القارة الأوروبية. واظهـرت النتـائج وجود اختلاف في شدة الجفاف بين الأحواض خصوصا ما بـين الـدول الجنوبيـة والشمالية في قارة أوروبا، ومن النتائج التي توصل اليها الباحثان أن نوبات الجفاف تظهر بطريقة مكانية وعشوائية وبكثافة وشدة مختلفة، وأن حوادث الجفاف انتشرت في مختلف مناطق القارة الأوروبية مثل (فترة الجفاف التي امتـدت مـن 1988 – 1992).

وفي الولايات المتحدة الأمريكية قام (Lee et al,1993) بدراسة حول الجفاف والرياح والعواصف الغبارية في السهول الجنوبية من الولايات المتحدة، بالتحديد في منطقة (Lubbock) الواقعة في ولايتي Texas و New Mexico واستخدم الباحثون البيانات المتوفرة في محطة مطار Lubbock للفترة 1947 – 1989 ، وقد تناولـت الدراسة أثر الظروف المناخية على كمية الانجراف بالرياح باستخدام أسلوب تحليل الانحدار Regression analysis كما استخدم مؤشر بـالمر Palmer لقيـاس شـدة الجفاف، ومؤشر قياس رطوبة التربة، وبينت نتـائج اسـتخدام مؤشـر Palmer أن الفترات الرطبة في منطقة السهول الجنوبية امتدت من أواخر الأربعينـات وحتـى بداية الخمسينات، وفي نهاية الخمسينات وبداية الستينات وأواخر الثمانينـات. أمـا الفترات الجافة فقد حدثت في أواسط الخمسينات والستينات وبداية الـسبعينات، أمـا الفترة الرطبة التي حدثت في أواسط السبعينات فكانت قصيرة.

وقام (Harouna and Carlson, 1994) بتحليل الجفاف فـي ايـوا (Iowa) وعلاقة تقلب المناخ بإنتاجية المحاصيل فيها، واستخدمت في الدراسة بيانات مناخية للفترة 1900 – 1993. وبينت الدراسة أن الجفاف مركب من عنـصري الحـرارة

والأمطار؛ وأن الاختلافات في كميات الهطول ودرجات الحرارة العظمى ازدادت في العقدين الأخيرين من فترة الدراسة وربما يرتبط ذلك بالتغير في الإشعاع الشمسي أو ظاهرة النينو، في حين قلت الاختلافات في الفترة الممتدة من الخمسينات وحتى السبعينات. وأظهرت الدراسة أن أشد فترة جفاف كانت في صيف عام 1936 بينما كان عام 1992 أقل الفترات جفافا، كما أوضحت الدراسة أنه كلما زادت الفترات الجافة قلت الإنتاجية الزراعية والعكس.

2.6.2 الدراسات العربية والمحلية

قام العديد من الباحثين العرب والأجانب بدراسات عدة حول ظاهرة الجفاف والتغير في الهطول المطري تناولت البيئة العربية والأردنية. فقد درس فيشر (1919) تحت عنوان " الجغرافيا الاقتصادية لسوريا " الرقعة الزراعية في سوريا والأردن؛ وشملت الدراسة في الأردن المناطق الممتدة من شمال غرب اربد وحتى وادي الموجب. وحدد فيشر المناطق الصالحة للزراعة على أساس كمية المطر الساقطة حيث رسم خريطة لتوزيع الأمطار وأخرى للمناطق الزراعية. وعند مقارنة المساحات المزروعة في الأردن في أوائل القرن العشرين وفق خريطة فيشر مع المساحات المزروعة حالياً نجد أن المساحة المزروعة والتي حددها فيشر آنذاك على أساس كمية المطر كانت محدودة جداً، وتتركز في منطقتين هما شمال غرب اربد والثانية غرب عمان والمناطق المحيطة بمأدبا، بالإضافة إلى السهول الواقعة جنوب وادي الموجب. بينما في الوقت الحاضر نجد أن الزراعة البعلية في الأردن قد امتدت على مساحات واسعة، خاصة في المناطق الجبلية وعلى طول امتدادها من الشمال إلى الجنوب وبالذات في مرتفعات الشوبك والتي لم تكن ضمن المساحات المزروعة وفق دراسة فيشر (برهم، 1986).

أما عن الجفاف تحديداً فقد درست إبراهيم (1989) " الجفاف في منطقة اربد " وتناولت الجفاف في محافظة اربد، وناقشت التفاوت الزماني والمكاني للأمطار في الأردن، وربطت عدد المنخفضات الجوية واتجاهاتها بالتيارات النفاثة وحركة الأمواج العليا الراسية، واستخدمت نموذج بالمر لتوصيف الجفاف في المنطقة، غير

أن الباحثة لم تخض في تفاصيل حساب قرينة بالمر Palmer بما فيه الكفاية بحيث لم تتضح منهجية حسابها، وبينت الدراسة أن درجة الجفاف تختلف من منطقة مطرية إلى أخرى، كذلك يختلف تكرار حدوث الجفاف من منطقة إلى أخرى حسب عدد السنوات الجافة التي تأثرت بها المنطقة، ومن النتائج التي توصلت إليها الباحثة أن تكرار حدوث الجفاف في المناطق الشرقية أكثر منه في المناطق الغربية، وانه لا يوجد دورة ثابتة لحدوث الجفاف في المنطقة، كما أظهرت الدراسة أن هناك اتجاه واضح نحو زيادة تكرار حدوث الجفاف من خلال ارتباط قرينة بالمر مع مرور الوقت. وهذا ليس صحيح حيث يرتبط تكرار الجفاف بتقلبات المناخ في المنطقة.

ومن الدراسات ذات الارتباط بموضوع الدراسة ما قام به بارود (1993) حول " التنبؤ المبكر بالأمطار السنوية في الأردن" والتي تطرق فيها إلى العوامل المؤثرة في مناخ الأردن والمنخفضات الجوية التي يتعرض لها، وناقش الباحث الأوضاع السينوبتيكية في الأردن صيفاً وشتاءً. وأظهر الباحث أن هناك ارتباط بين مسار التيار النفاث وسيادة الجفاف في الأردن، ومن النتائج التي توصل إليها الباحث ان الأمطار في الأردن تظهر اختلافاً كبيرا من سنة إلى أخرى، ومن شهر إلى آخر خلال الفصل الواحد، وبين أن معامل الاختلاف للأمطار يقل في الأجزاء الغربية من محافظة اربد والأغوار الشمالية والوسطى، بينما يزداد معامل الاختلاف كلما اتجهنا من الشمال إلى الجنوب ومن الغرب إلى الشرق، وقد عزى الباحث اختلاف الأمطار السنوية والشهرية إلى وقوع الأردن ضمن المناطق الجافة وشبه الجافة.

وقد قام حدادين (1996) بدراسة التصحر في محافظة مأدبا تناول فيها العوامل الطبيعية والبشرية المسببة للتصحر هناك، وناقش التباين المكاني والزماني للأمطار واثر المناخ والتربة في اتساع ظاهرة التصحر في منطقة الدراسة إضافة إلى دراسة الغطاء النباتي، وبين أن الممارسات الزراعية الخاطئة ساهمت في تفاقم مشكلة التصحر وأن مناخ المنطقة يتوزع بين جاف وشبه جاف وشبه رطب، وان الأمطار تتصف بالتذبذب.

وهناك دراسة قام بها فريق عمل من المنظمة العربية للتنمية الزراعية – جامعة الدول العربية – عام 1996 بعنوان:" برنامج العمل الوطني لمكافحة التصحر

وتخفيف آثار الجفاف في المملكة الأردنية الهاشمية " تناول فيها البيئة وقضاياها الرئيسية في الأردن وحالة التصحر والجفاف الراهنة واثر ذلك على الحالة الاقتصادية والاجتماعية وكيفية التخفيف من آثار الجفاف. كما وتضمنت الدراسة برنامج عمل وطني مقترح واستراتيجية لمكافحة التصحر وتخفيف آثار الجفاف، وتم فيها اقتراح عدة مشروعات للتنفيذ في هذا المجال.

وفي المناطق العربية المجاورة للأردن قدم صيام (1998) دراسة بعنوان " دراسة تحليلية لاتجاهات الأمطار في بعض المواقع في سوريا " واختار فيها عشرين محطة في سوريا لفحص اتجاهات الأمطار بطريقة الانحدار الخطي.واظهرت الدراسة وجود اتجاهات مطرية ضعيفة متزايدة في (6) محطات، ومتناقصة في (14) محطة. وتكمن أهمية مثل هذه الدراسة في تحديد اتجاهات الأمطار وبالتالي توفر مؤشر على حدوث الجفاف أو تغير مناخي محتمل.

وحديثا أعد حدادين (2002) دراسة تحت عنوان " تقييم الجفاف وادارته لبعض الأحواض المائية " واستخدم الباحث في دراسته نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لعرض وضع الجفاف خلال فترات زمنية مختلفة من عام 1995م ولغاية عام 2001م وشملت الدراسة ثلاثة أحواض مائية هي: (الأزرق في الشرق، ونهر الزرقاء في الوسط وكفرنجة في الشمال)، وتوصل الباحث إلى أنه يمكن التنبؤ بالجفاف ومراقبته باستخدام كل من مؤشر الهطول المعياري ومعدل الهطول، وتوصل إلى أن جميع هذه الأحواض تعاني من احتمالية حدوث جفاف متوسط في أي شهر من اشهر السنة. أما دراسة الكيلاني (2002) بعنوان (الجفاف ومجابهته في محافظات حمص وحماه وحلب) وتحدثت الباحثة عن فترات الجفاف التي مرت بها منطقة الدراسة وتعريفه وأسبابه وآثاره؛ كما قامت بتحليل لظاهرة الجفاف وأنواعه، وبينت الدراسة أن الجفاف قد سيطر على سوريا لفترات طويلة لأسباب أهمها:

1 – قلة التساقط وعدم انتظامه.

2 – التقلبات المناخية وانعكاسات التغير المناخي في سوريا والتي أدت إلى ازدياد درجة الحرارة ومعدلات النتح والتبخر.

3 – ان معظم الأمطار الهاطلة تتحول إلى جريان سطحي مما يقلل من تسرب المياه في التربة وتغذية المياه الجوفية.

وقد أجرى الطراونة (2002) دراسة حول الأمطار وأنماط الجفاف في الأردن، ناقش فيها قضايا الجفاف وتركيز الأمطار وتكرارها، والتوزيع المكـاني للأمطـار والمناخ الشمولي للمنطقة والأنماط الفصلية للطقس، واستخدم الباحث نظرية التباين المكاني لتحليل التساقط؛ وتطبيق ذلك على الأردن، وعرف الباحث الجفاف وتطرق إلى تقييم حالة الجفاف في الأردن؛ وتحدث عن دورات الجفاف وتكرارها بالإضافة إلى درجة (قسوة) الجفاف في الأردن، وتوصل الباحث إلـى أن الأردن يتـصف بجفاف متوسط.

واعدت وزارة المياه والري (2002) دراسة حول تأثير مواسم الجفـاف علـى تصريف الينابيع في المملكة، وناقشت الدراسة موارد الميـاه الـسطحية وسـلوكية الأمطار في الأردن، وظاهرة الجفاف التي يعاني منها الأردن، وتأثير الجفاف على تصريف الينابيع. وبينت الدراسة أن هناك انحداراً في الميل العام لمعدل الأمطـار، مما يشير بوضوح إلى اثر التغير المناخي على البيئة الأردنيـة خاصـة المـوارد المائية، وان معدل فترات الدورات المطرية والجفاف بحدود عشر سنوات مائية.

الفصل الثالث

منهجية الدراسة

1.3 المواد وطرائق البحث

تعد ظاهرة الجفاف من الظواهر الطبيعية المتكررة وغير منتظمة الحدوث، ولذلك يمكن دراسة هذه الظاهرة باستخدام الأساليب الإحصائية المناسبة، وقد عمدت هذه الدراسة إلى تحليل بعض البيانات المناخية السنوية والشهرية للمحطات المناخية (الست) التي تم اختيارها لتمثل إقليم المرتفعات الجبلية وهي (اربد، رأس منيف، الجامعة الأردنية، الربة، الطفيلة، الشوبك) (الشكل، 24). لمعرفة خصائص الأمطار وفترات الرطوبة والجفاف ودرجة الجفاف، وتم في هذا الفصل التطرق إلى مصادر البيانات وطرق معالجتها للتعرف على الخصائص المناخية لهذه المنطقة. وتم الحصول على البيانات التي استخدمت في الدراسة من المصادر التالية:

1 – وزارة المياه والري.

2 – وزارة الزراعة.

3 – المركز الوطني للبحوث الزراعية ونقل التكنولوجيا.

4 – دائرة الأرصاد الجوية.

5 – الجمعية الأردنية لمكافحة التصحر وتنمية البادية.

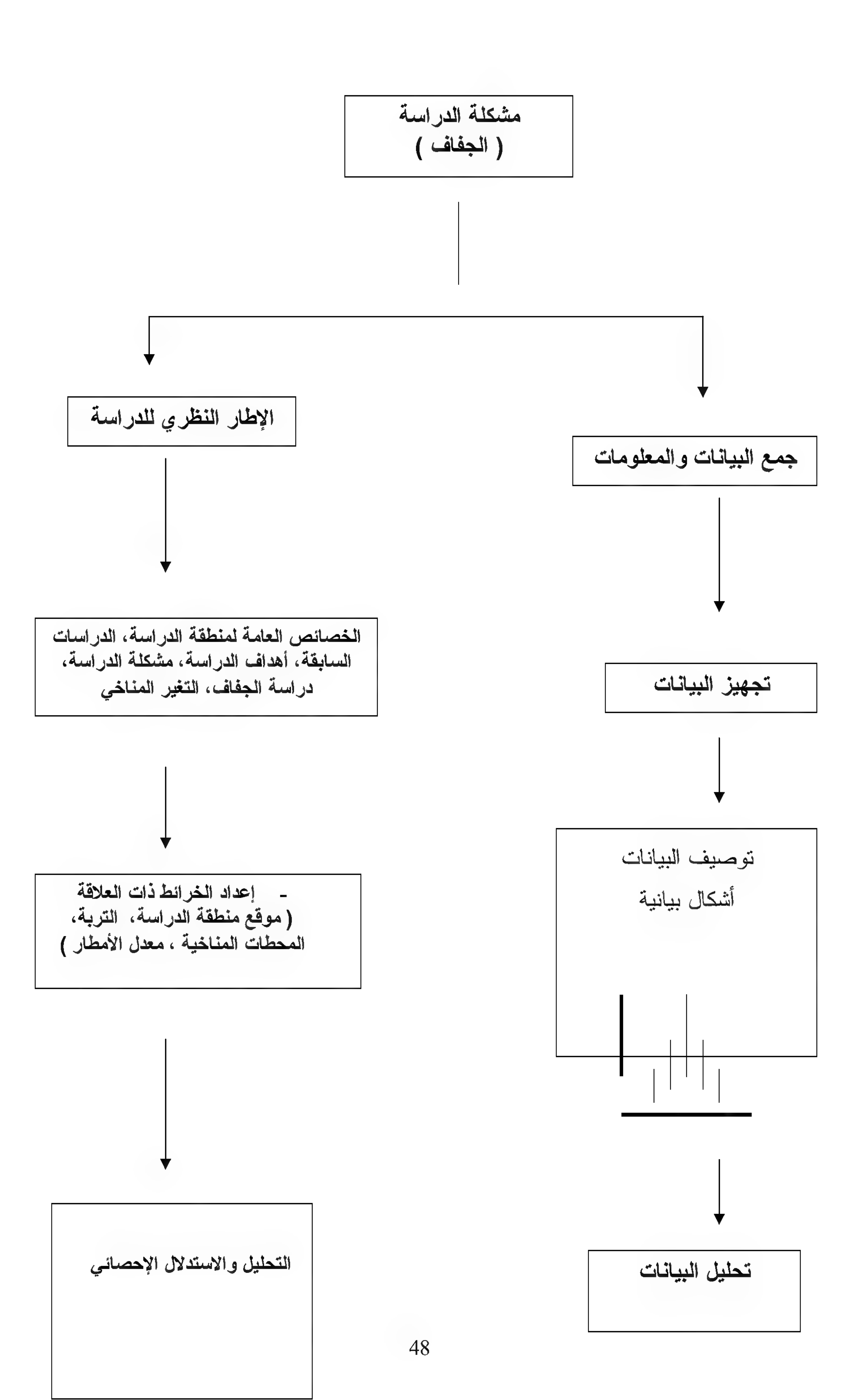
6 – المركز الجغرافي الملكي.

7 – الشبكة الدولية للمعلومات.

8 – مطبوعات المنظمات والهيئات الدولية.

وفيما يتعلق بالبيانات المتعلقة بالأمطار ودرجات الحرارة فقد تم الحصول عليها من دائرة الأرصاد الجوية.

9 – الخرائط الموضوعية (مناخية، طبوغرافية، جيولوجية) وتم الحصول عليها من مرسم جامعة مؤتة، ومن الأطلس الأردني والكتب والمؤلفات ذات الصلة بموضوع الدراسة.



مشكلة الدراسة
(الجفاف)
الإطار النظري للدراسة
جمع البيانات والمعلومات
الخصائص العامة لمنطقة الدراسة، الدراسات السابقة، أهداف الدراسة، مشكلة الدراسة، دراسة الجفاف، التغير المناخي
تجهيز البيانات
- إعداد الخرائط ذات العلاقة (موقع منطقة الدراسة، التربة، المحطات المناخية ، معدل الأمطار)
توصيف البيانات
أشكال بيانية
التحليل والاستدلال الإحصائي
تحليل البيانات



شكل رقم (23)

مخطط يمثل المراحل الأساسية لدراسة ظاهرة الجفاف في المرتفعات الجبلية.

إعداد الباحث.

رأس منيف

الجامعة الأردنية

الربة

الطفيلة

الشوبك



40

0

الشكل رقم (24)
المحطات المناخية المستخدمة في الدراسة.

2.3 معالجة البيانات المناخية

أدخلت البيانات المناخية التي تم الحصول عليها من دائرة الأرصـــاد الجويـــة، ووزارتي المياه والري والزراعة والتقرير الإحصائي السنوي للحاســوب لغايـــات المعالجة والتحليل، أما المعطيات المناخية التي تم استخدامها في وصف المناخ العام لمنطقة الدراسة فهي:

1-مجموع الهطول الشهري والسنوي للمحطات التي تم اختيارها في الدراسة.

2- معدل درجة الحرارة الشهرية والسنوية.

أما حسابات قرينة Palmer لمحطات الدراسة فقد تمت باستخدام برنـــامج خـــاص طوّره (العرود، 2005) ومن خلاله حددت فترات الجفاف في كـــل محطـــة مـــن محطات الدراسة وتوزيعها الزماني والمكاني.

3.3 خصائص الهطول المطري (Precipitation characteristics)

شملت هذه الدراسة تحليل الهطول المطري وفق الخطوات التالية:

أ – استخدام الإحصاء الوصفي في تمثيل البيانات بيانياً وإجراء بعض الخصائص الإحصائية لهذه البيانات، والهدف من ذلك معرفة مدى التغير في معدلات الهطول السنوية على فترات زمنية مختلفة.

ب – تحليل الأمطار في المحطات المناخية التي تم اختيارها في إقليم المرتفعات الجبلية من خلال الخصائص التالية:

1 – المعدل السنوي (Annual Average)

تم حساب المعدل السنوي للهطول المطري لكل محطة ولفترة زمنية تزيد على ثلاثين عاما:

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{n}$$

2 – المعدل الموسمي (Seasonal average)

لقد تم ترتيب بيانات الهطول السنوية بحيث تبدأ من شهر تشرين أول – October – (بدء الموسم المطري) وتنتهي بشهر نيسان – April – (نهاية الموسم المطري) على اعتبار أن السنة الزراعية تعتمد على الهطول المطري خلال الفترة المذكورة، يليه حساب المجموع الموسمي لكل موسم على حده ثم المعدل الموسمي العام.

3 – المعدل الشهري العام (Monthly Average)

وهو معدل الهطول المطري لكل شهر ولفترة زمنية تزيد عن (30) شهراً لكل محطة من المحطات التي تم اختيارها (الصالح والسرياني، 2000).

4 – الانحراف المعياري الشهري والموسمي (Standard Deviations)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

حيث أن:

X_i : المجموع الموسمي أو الشهري لكل عام.

$\bar{x}$: المعدل الشهري أو الموسمي (بالملم).

n : طول الفترة الزمنية.

5 – معامل الاختلاف (Coefficient of Variation)

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \times 100$$

وأستخدم معامل الاختلاف لمعرفة مدى انحراف الأمطار السنوية عن المعدل العام لها، ويفيد ذلك في الدراسات الهيدرولوجية، وتحديد مدى الثقة بمستويات الهطول بالنسبة للزراعات البعلية من خلال معرفة الاحتياجات المائية اللازمة للمحاصيل الزراعية (Barry. R. G, and Chorley, 1987).

4.3 دراسة الخصائص الحرارية Temperature characteristics

في هذا المجال أجريت معالجة لبيانات الحرارة بحيث شملت ما يلي:

1 – المعدل الشهري لدرجة الحرارة (C):

تم حسابه بقسمة المجاميع الشهرية لدرجة الحرارة لكامل الفترة الزمنية المدروسة ولكل شهر على عدد سنوات الدراسة.

2 – الانحراف المعياري الشهري لدرجة الحرارة.

5.3 مؤشر الجفاف (قرينة بالمر Palmer)

في عام 1965 طور بالمر Palmer مؤشراً لقياس استنزاف رطوبة التربة (Palmer,1965) ويعتمد المؤشر على العرض والطلب المتعلق بالتوازن المائي، ويدخل في حسابه التساقط ودرجة الحرارة والتبخر، والهدف من مؤشر بالمر Palmer لقياس شدة الجفاف PDSI هو التزويد بمقياس لشروط الرطوبة التي تم تعييرها (standardized) والتي يمكن من خلالها إجراء مقارنات بين المناطق والأشهر (Palmer,1965). ومؤشر Palmer هو مقياس معياري يقارن الفترات الزمنية المختلفة اعتماداً على المعدل العام للأمطار ودرجات الحرارة للأشهر المختلفة، ويعتمد المؤشر على حساب الموازنة المائية خلال الأشهر المختلفة، كما وتعتمد الموازنة المائية حسب قرينة Palmer على التساقط والتبخر ومخزون التربة

من الرطوبة ومقدار تغذية التربة بالرطوبة أو استنزاف هذه الرطوبة ومقدار الجريان السطحي الفعلي والكامن. وقد قسم Palmer عناصر الموازنة المائية إلى قيم فعلية (أي التي تحدث فعلاً)، والقيم الكامنة (أي التي يجب أن تحدث) تحت شروط المعدلات المناخية السائدة في المنطقة.

يوضح مؤشر شدة الجفاف لبالمر (Palmer Drought Severity Index) أهمية عناصر الهطول وعلاقتها بالحرارة والتبخر ورطوبة التربة والتي تؤثر بشكل رئيسي على الميزان المائي للتربة لفترة زمنية تقل عن شهر، وتتراوح قيمته بين (+ 6) و (– 6) فالقيم الموجبة تشير إلى فترات الرطوبة، أما القيم السالبة فتشير إلى فترات الجفاف، ويبلغ الجفاف مراحل حرجة عند وصول القرينة أقل من (– 4) (Palmer,1965). ويعتمد مؤشر بالمر بالدرجة الأولى على كمية الهطول الشهري مقارنة بالمعدل الشهري وعلى قيم التبخر والنتح الكامن كما وضعها ثورنثويت، ففي حالات الشذوذ الموجبة القصوى للرطوبة تكون القرينة (+ 6) أما في حالات الشذوذ السالبة القصوى للجفاف تكون القرينة (– 6)، وعندما تكون كميات المطر ودرجات الحرارة اعتيادية بالنسبة للمناخ السائد تكون القرينة قريبة من الصفر.

ويحدد مؤشر بالمر مدة وشدة الجفاف في منطقة ما وفق الجدول التالي:

جدول رقم (7)

درجات الجفاف – قرينة Palmer .

قيمة القرينة (المؤشر) (X)	التصنيف (صفة الإقليم)
4 أو اكثر	رطوبة شديدة
3.99 إلى 3.00	رطوبة قوية
2.99 إلى 2.00	رطوبة معتدلة
1.99 إلى 1.00	رطوبة خفيفة
.99 إلى 0.5	بداية رطوبة
0.49 إلى(– 0.49)	فترة معتدلة

(- 0.5) إلى (- 0.99)	بداية جفاف
(- 1.00) إلى (- 1.99)	جفاف خفيف
(- 2.00) إلى (- 2.99)	جفاف معتدل
(- 3.00) إلى (- 3.99)	جفاف قوي
(- 4.00) أو اقل	جفاف شديد

المصدر: Palmer, 1965

تعتمد قرينة Palmer الشهرية على الربط بين المعدلات الشهرية طويلة المدى للموازنة المائية، ومدى الانحراف في الموازنة التي يحددها التساقط والتبخر للفترة قيد الدراسة. وعندما تكون قيم الموازنة المائية أعلى أو حول المعدل فإن المنطقة لا تعاني عجزاً مائياً، أما عندما تكون قيم الموازنة المائية أقل من المتوسط طويل الأمد فإن المنطقة تعاني من عجز مائي. ويبدأ حدوث الجفاف عندما تصبح الموازنة المائية سالبة (أي أقل من المعدل) ويتفاقم الجفاف مع مرور الوقت عند استمرار الموازنة المائية سالبة. وليس بالضرورة أن ينتهي الجفاف حال هطول المطر، بل أن انتهائه يعتمد على مدى تعويض العجز الحاصل في الموازنة المائية. وقد أخذ Palmer في حساب قرينته العناصر التالية:

1 – الأمطار الشهرية (ملم).
2 – درجة الحرارة الشهرية (C).
3 – التبخر الشهري الكامن.

وتم تقديره باستخدام معادلة ثورنثويت Thornthwaite والتي يمكن التعبير عنها على النحو التالي: (Rosenberg et al, 1983).

$$Et = 16\left(\frac{LI}{12}\right)\left(\frac{N}{30}\right)\left(\frac{10\,Ta}{I}\right)^{ai} \qquad \textbf{(3.1)}$$

Et : النتح والتبخر / ملم.

L : معدل ساعات سطوع الشمس النظرية باليوم (طول النهار).

N : عدد أيام الشهر.

ai : قرينة تجريبية تعتمد على درجة الحرارة الشهرية، وتحسب كما يلي:

$$ai = 6.75E-7*I^3 - 7.71E - 5* I^2+1.79E - 2*I+0.49 \qquad (3.2)$$

I : قرينة الحرارة السنوية، وتحسب وفق المعادلة التالية:

$$I = \left(\frac{Ta}{5}\right)^{1.514} \qquad (3.3)$$

Ta : درجة حرارة الهواء الشهرية ($^{\circ}C$).

4 – رطوبة التربة (S)

ويقصد بها مجموع رطوبة الطبقة السطحية والطبقة السفلى من التربة:

$$S = SS + SU \qquad (3.4)$$

افترض Palmer أن الطبقة السطحية من التربة قادرة على تخزين (25) ملم من الرطوبة والتي تفقدها التربة مباشرة عندما يكون الطلب (الفاقد) اكثر من التزويد (التساقط)، وتختزن في التربة عندما يكون هناك فائض مائي، أما المستوى السفلي من التربة (الطبقة تحت السطحية) فيمكنها خزن عدة إنشات من الرطوبة اعتماداً على نوعيتها، وعندما تستنزف رطوبة الطبقة العلوية من التربة فإن جزءاً من الرطوبة في الطبقة السفلى يفقد فيما بعد. وقد اُفترض في هذه الدراسة أن الطبقة السطحية من التربة قادرة على تخزين (25) ملم، أما الطبقة السفلى من التربة (تحت السطحية) فتم افتراض في هذه الرسالة أن تكون قادرة على تخزين (125) ملم.

5 – التغير في مخزون رطوبة التربة للطبقة السطحية (LS) والطبقة السفلى (LU):

قسم Palmer مقطع التربة إلى نطاقين: علوي ويبلغ سمكه حوالي 10 سم ويحوي تقريباً 10 – 20% من ماء التربة، ونطاق عميق يمتد لعمق أقل من متر

ويحوي 80 – 90 % من ماء التربة. واقترح Palmer أن مخزون التربة السطحي من الرطوبة جاهز للتبخر، وفي حال كون الرطوبة فيه أكبر من التبخر الكامن فإن التبخر الحقيقي يساوي التبخر الكامن، أما التربة العميقة فإن التبخر يحدث منها عندما يتم زوال ماء التربة من الطبقة السطحية؛ ويتم التبخر من الطبقة العميقة بصورة خطية تقريباً، ولكن في جميع الحالات تكون أقل من التبخر الكامن. ويمكن توضيح ذلك من النقاش التالي.

عندما تكون الأمطار في أحد الشهور اكبر من التبخر الكامن (PE) فان فائض الأمطار يستخدم في تغذية رطوبة الطبقة السطحية (SS) حتى يصل مخزون الرطوبة فيها إلى حد الإشباع، وإذا كان الفائض المائي اكبر من ذلك فان المتبقي منه يساهم في تغذية الطبقة السفلى (LU). أما إذا كانت الأمطار في أحد الشهور اقل من مقدار التبخر الكامن فان التغير في مخزون رطوبة التربة يكون سالباً، أي أن الطبقة السطحية تفقد جزءا من رطوبتها لتعويض النقص المتمثل في عدم قدرة الأمطار على تلبية متطلبات التبخر، فإذا استنفذت الرطوبة من الطبقة السطحية ولم تعد هذه الطبقة قادرة على سد العجز بين التبخر الكامن والأمطار فان الطبقة السفلى (LU) تفقد جزءاً من رطوبتها لتعويض ذلك العجز. ويتم تقدير فقدان الطبقة السطحية لرطوبتها (LS) بالمعادلة التالية:

$$LS = SS \text{ or } (PE - P) \qquad (3.5)$$

ويتم تقدير فقدان الطبقة السفلى لرطوبتها بالمعادلة التالية:

$$LU = (PE - P - Ls)\ \frac{SU'}{AWC} \qquad (3.6)$$

حيث أن:

LS : فقدان الطبقة السطحية للرطوبة خلال الشهر.

SS' : الرطوبة المتاحة في الطبقة السطحية عند بداية الشهر.

PE : التبخر الكامن في الشهر.

P : الأمطار الشهرية.

LU : فقدان الرطوبة من الطبقة السفلى.

SÚ : الرطوبة المتاحة في الطبقة السفلى عند بداية الشهر.

AWC : الحد الأقصى من الرطوبة المتاحة في الطبقتين السطحية والسفلى.

6 – التغذية الكامنة لرطوبة التربة (PR)

يتعرض مخزون رطوبة التربة في الأشهر الجافة إلى الاستنزاف بسبب زيادة النتح والتبخر عن الأمطار، بينما تزيد الأمطار في الأشهر الماطرة عن التبخر الكامن، والجزء الذي يزيد من الأمطار عن التبخر الكامن يستخدم في تغذية رطوبة التربة (R). وبالنسبة لمقدار التغذية الشهرية الكامنة فهي تمثل الحد الأقصى من التغذية لرطوبة التربة في الأشهر الماطرة، ويقدر ذلك بالمعادلة التالية:

$$PR = AWC - \acute{S} \qquad (3.7)$$

حيث أن:

PR : التغذية الشهرية الكامنة.

Ś : رطوبة طبقتي التربة عند بداية الشهر.

7 – الاستنزاف الكامن لرطوبة التربة (PL)

ويمثل الحد الأقصى لاستنزاف رطوبة التربة المخزونة عن طريق التبخر خلال الشهر على اعتبار انه لم تسقط أية أمطار خلال ذلك الشهر، ويقدر بالمعادلة التالية:

$$PL = PLs + PLU \qquad (3.8)$$

حيث أن:

$$PLs = PE \text{ or } S\acute{S} \quad (3.9)$$

كما أن:

$$PLU = PE - PLS \frac{\bar{SU}}{AWC} \quad (3.10)$$

بمعنى آخر أن الاستنزاف الكامن هو كمية التبخر من الطبقتين عند افتراض انعدام هطول المطر.

8 – استنزاف رطوبة التربة (LT)

ويعادل مجموع ما يستنزف من رطوبة الطبقة السطحية والسفلى خلال الشهر.

9 – التبخر الفعلي (ET)

عندما تكون التربة مشبعة بالرطوبة وكمية الأمطار الشهرية اكبر من مقدار التبخر الكامن فان التبخر الفعلي يعادل التبخر الكامن، وعندما تكون كمية الأمطار اقل من معدل التبخر الكامن فان التبخر الفعلي يساوي الأمطار الشهرية مضافا إليها الكمية التي تستنزف من رطوبة التربة (LS + LU) وقد تم توضيح ذلك سابقاً.

10 – الجريان الشهري (RO)

عندما تكون التربة مشبعة بالرطوبة وكمية الأمطار الشهرية أعلى من مقدار التبخر الكامن فان الفرق بينهما يتحول إلى جريان سطحي، وعندما تكون التربة غير مشبعة بالرطوبة فان جزءا من فائض الأمطار يتسرب في التربة لإشباعها ويتحول ما يزيد عن طبقتي التربة إلى جريان سطحي.

11 – الجريان السطحي الكامن (PRO)

وهو الفرق بين كمية التساقط المحتمل وكمية الرطوبة التي يمكن أن تمتصها التربة؛ ويفترض في حسابه أن التربة تمتص جزءًا من الهطول المطري حتى لو كانت مشبعة بالرطوبة (Palmer , 1965) ويقدر وفق المعادلة التالية:

$$PRO = AWC - PR = \acute{S} \qquad (3.11)$$

ويوضح جدول (8) عناصر الموازنة المائية التي أوردها Palmer.

1.5.3 النتح والتبخر المحتمل

يوجد فرق بين النتح والتبخر المحتمل (PET) والنتح والتبخر الحقيقي (ET)، إذ يشير الأخير إلى كمية المياه التي تفقد من خلال النبات والتبخر، وحسب طريقة ثورنثويت فان النتح والتبخر الشهري يعتمد على معدل الحرارة الشهري، وخط العرض الذي تقع عليه المحطة المناخية.

أن طريقة ثورنثويت لتقريب النتح والتبخر تحتاج إلى فترة طويلة من الزمن، وتعتبر طريقة مقبولة لحساب PET بالرغم من عدم دقتها التامة وصعوبة حسابها، وان استخدام هذه الطريقة في حساب معامل الجفاف PDSI يعطي نتائج تقريبية.

جدول رقم (8)

عناصر الموازنة المائية – قرينة Palmer.

اختصارات	
النتح والتبخر المحتمل	**PET**
مخزون رطوبة التربة المحتمل (التغذية الشهرية الكامنة)	**PR**
الجريان السطحي المحتمل	**PRO**
الفاقد المائي المحتمل (الاستنزاف الكامن لرطوبة التربة)	**PL**
النتح والتبخر الفعلي	**ET**
مخزون رطوبة التربة	**R**
الجريان السطحي	**RO**
الفاقد المائي	**L**
الحد الأقصى من الرطوبة المتاحة في الطبقتين السطحية والسفلى	**AWC**
رطوبة الطبقة السطحية	**Ss**
رطوبة الطبقة السفلى من التربة	**Su**

2.5.3 المعاملات المناخية

اعتمد Palmer في حساب قرينته على معدلات المعاملات المناخية لكل شهر من شهور السنة، والتي تبين معدلات الظروف المناخية في كل شهر ضمن منطقة معينة، وتشمل هذه المعاملات ما يلي:

1 – معامل التبخر ($\propto$):

وهو النسبة بين معدل التبخر الفعلي (ET) الطويل لأي شـــهر ومعـــدل التبخر الكامن (PE) لذلك الشهر ($\propto = \overline{ET} / \overline{PE}$). وفي المنـــاخ الرطـــب يكون معدل التبخر الفعلي يساوي معدل التبخر الكامن؛ وفي هذه الحالة يكـــون معامل التبخر مساوياً للواحد الصحيح؛ أما إذا كان معدل التبخر الفعلي صـــغير فان معامل التبخر يكون منخفضاً؛ وتتراوح قيمة (∝) مـــا بـــين (1) فـــي الظروف الرطبة إلى قريب من الصفر في الظروف الجافـــة جـــداً. واســـتخدم Palmer معامل التبخر في حساب المعدل الطبيعي للتبخر الفعلي (ET) فـــي كل شهر لتقدير الاحتياجات المائية في ذلك الشهر كما في المعادلة التالية:

$$\hat{E}T = \propto \overline{PE} \qquad (3.12)$$

ومن خلال مقارنة (ÊT) لشهر معين مع مقدار معدل التبخر الفعلي لذلك الشهر، يمكن تقدير مدى الشذوذ في التبخر الفعلي لذلك الشهر (ÊT − ET).

2 – معامل تغذية رطوبة التربة (β)

وهو النسبة بين المعدل الشهري لتغذية رطوبة التربة (R) إلى معدل التغذيـــة الكامن لذلك الشهر (PR) حيث: ($\overline{\beta} = R / \overline{PR}$). ويمكن استخدامه لتقدير المعدل الشهري المتوقع لتغذية رطوبة التربة ($\overline{R}$) كما في المعادلة التالية:

$$\hat{R} = \beta \overline{PR} \qquad (3.13)$$

3 – معامل الجريان السطحي (ϒ)

يمثل النسبة بين المعدل الشهري للجريان السطحي ومعدل الجريـــان الـــسطحي الكامن لذلك الشهر:

$$\Upsilon = \overline{RO} / \overline{PRO} = \overline{RO} / \acute{S} \qquad (3.14)$$

ويستخدم في تقدير المعدل الشهري المتوقع للجريان السطحي في ذلك الشهر:

$$\hat{RO} = \Upsilon\,\overline{PRO} \qquad (3.15)$$

4 – معامل استنزاف رطوبة التربة (δ)

وهو النسبة بين المعدل الشهري لاستنزاف رطوبة التربة ومعدل الاستنزاف الكامن في ذلك الشهر:

$$\delta = \overline{L} / \overline{PL} \qquad (3.16)$$

ويستخدم هذا المعامل في تقدير المعدل الشهري المتوقع لاستنزاف رطوبة التربة:

$$\hat{L} = \overline{PL} \qquad (3.17)$$

5 – معدل الأمطار المتوقع ($\hat{P}$) والشذوذ المطري (d)

استخدم Palmer معاملات المناخ السابقة لتقدير معدل الأمطار الشهرية المتوقع ($\hat{p}$) كما يلي:

$$\hat{P} = \hat{Et} + \hat{R} + \hat{RO} - \hat{L} \qquad (3.18)$$

يسمى الفرق بين الأمطار الفعلية التي تسقط في شهر ما في أي سنة من السنوات (P) ومعدل الأمطار المتوقع ($\hat{p}$) بالشذوذ المطري:

$$(d = p - \hat{p}) \qquad (3.19)$$

فإذا كانت قيمة (d) سالبة فان ذلك الشهر يكون جافاً ، أما إذا كانت (d) موجبة فان ذلك الشهر يكون رطباً.

3.5.3 تعديل قيم الشذوذ المطري

تختلف أهمية الشذوذ المطري الشهري من منطقة إلى أخرى ومن شهر إلى آخر نظراً لاختلاف الموارد المائية والاحتياجات المائية لكل شهرٍ. فمثلاً حدوث جفاف في شهر تشرين أول أو في نهاية الموسم المطري مثل شهر أيار قد لا يكون

بنفس الأهمية التي يحدث فيها الجفاف في شهر كانون ثاني أو شباط أو آذار بالنسبة للمحاصيل الزراعية. أما إذا كان المقصود نمو الأعشاب أو الزراعات المطرية المبكرة (عفيرة) كما هو الحال في المناطق الشرقية من الأردن فإن أمطار تشرين أول قد تكون بنفس الأهمية إن لم تكن أهم من الأمطار التي تهطل في أي شهر آخر من الموسم المطري؛ فالاحتياجات المائية تختلف في هذه الأشهر وكذلك كمية الأمطار الساقطة. ونظراً لأهمية اختلاف شذوذ الأمطار من شهر إلى آخر ومن مكان إلى آخر فقد ربط Palmer بين الشذوذ المطري والظروف المناخية من خلال تعديل قيم الشذوذ المطري بأوزان خاصة يمثل كل من هذه الأوزان النسبة بين الاحتياجات المائية والموارد المائية المتاحة كما في المعادلة التالية:

$$K = \frac{(\overline{PE} + \overline{R})}{(\overline{P} + \overline{L})} \qquad (3.19)$$

واستخدم Palmer تلك الأوزان لاشتقاق قرائن الشذوذ المطري كما يلي:

$$Z = dK \qquad (3.20)$$

حيث أن:

Z : قرينة الشذوذ المطري وتمثل معياراً نسبياً لمدى الشذوذ في كل شهر مقارنة مع المعدل الشهري للأمطار المتوقعة في ذلك الشهر.

d : قيمة الشذوذ المطري .

K : معامل توزين استخدمه Palmer لتعديل قيم الشذوذ المطري.

(الشبكة الدولية للمعلومات 2004، إبراهيم، 1989، Palmer,1965).

الفصل الرابع

الخصائص المناخية لمنطقة الدراسة

1.4 الظروف المناخية

تتفرد المرتفعات الجبلية في الأردن بخصائص مناخية تميزها عن غيرها من مناطق الأردن؛ ويوضح الجدول (9) جزءاً من هذه الخصائص. وتعد الظروف الطبوغرافية من اكثر العوامل الطبيعية تأثيراً في عناصر المناخ، ويظهر هذا التأثير عند مقارنة خرائط توزيع الأمطار ودرجة الحرارة والرطوبة مع خريطة الأشكال التضاريسية في الأردن. وبشكل عام يسود المرتفعات الجبلية مناخ البحر الأبيض المتوسط، الذي يتميز بشتاء بارد نسبياً وماطر؛ وقد تسقط الثلوج في بعض الأحيان على المرتفعات العالية.جدول رقم (9).

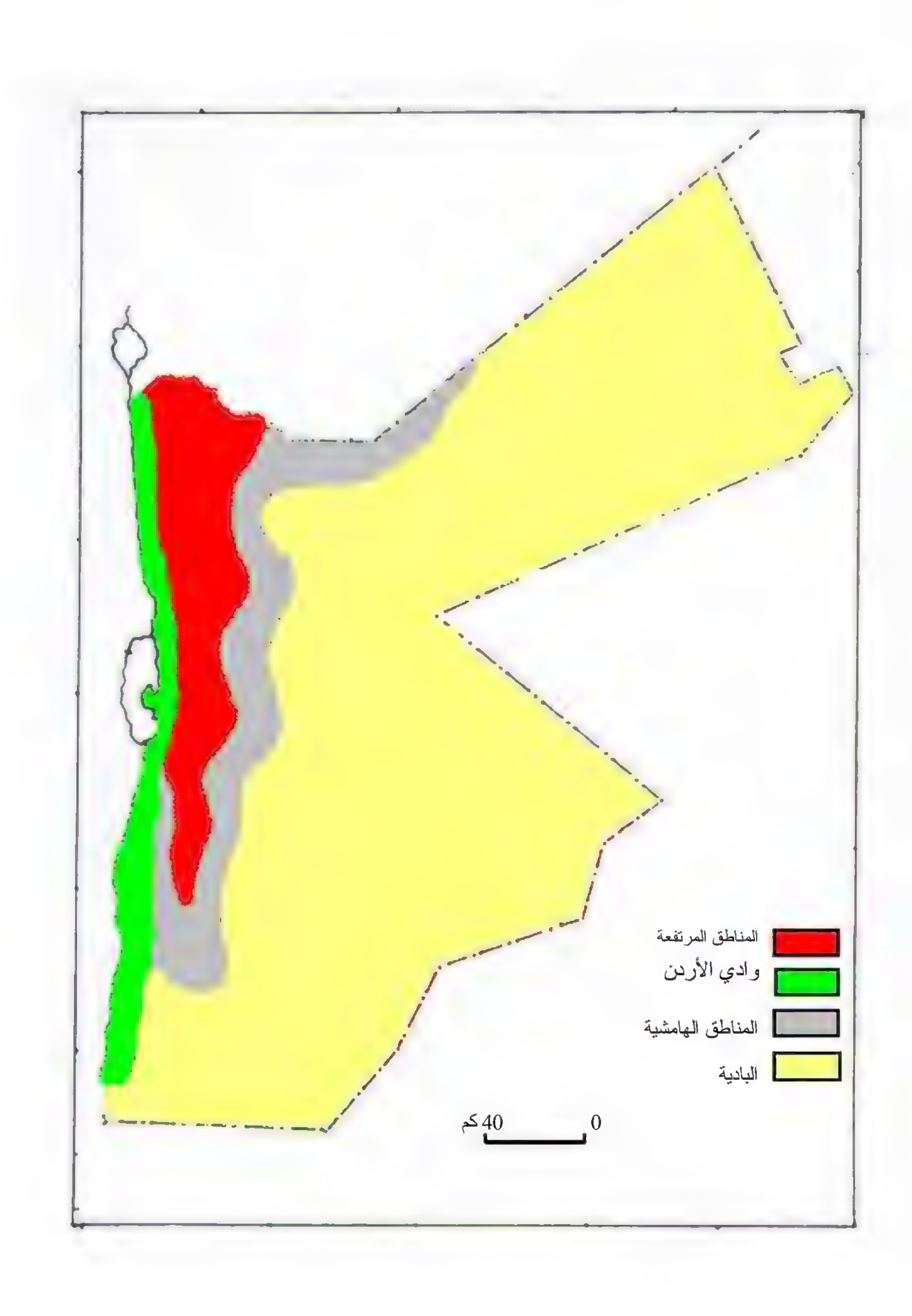
ملخص لبعض الخصائص المناخية لإقليم المرتفعات الجبلية.

المنطقة	معدل درجة الحرارة (C)	معدل الهطول (ملم)	اتجاه الرياح الشتاء DJFM	اتجاه الرياح الصيف JJA	معدل التبخر السنوي (ملم)
المرتفعات الشمالية	15.9	521.1	SW	NW	181.4
المرتفعات الوسطى	15.9	405.6	SW	NW	196.2
المرتفعات الجنوبية	14.1	258.7	SW	NW	177

إعداد الباحث عن بيانات الأرصاد الجوية 2002.

وتمتاز المرتفعات الجبلية عموما بارتفاع كمية الهطول مقارنة مع البيئات الأخرى في الأردن، ويتراوح معدل الهطول في المرتفعات (250- 600 ملم / سنة)، وتتصف الأمطار بتركيزها وتدني اختلافها الزماني، بينما يؤثر الاختلاف المكاني للأمطار وارتفاع معدلات التبخر على تطور الزراعة البعلية في المناطق المرتفعة (رمضان، 1987).وتلعب التضاريس دوراً كبيراً في التوزيع الجغرافي للأمطار، فكلما زاد الارتفاع تزداد الأمطار مع الأخذ بعين الاعتبار تأثير درجة العرض، فالمرتفعات الشمالية تتلقى كميات اكبر من الأمطار مقارنة مع المرتفعات الجنوبية، ومعظم أمطار الأردن هي أمطار تضاريسية، وتسقط الأمطار في منطقة الدراسة

وغيرها من مناطق الأردن في فصل الشتاء الذي يمتد من أواخر تشرين أول حتـــى أيار (البحيري،1991).



شكل رقم (25)
المناطق البيئية في الأردن.

المصدر: المنظمة العربية للتنمية الزراعية – 1996.

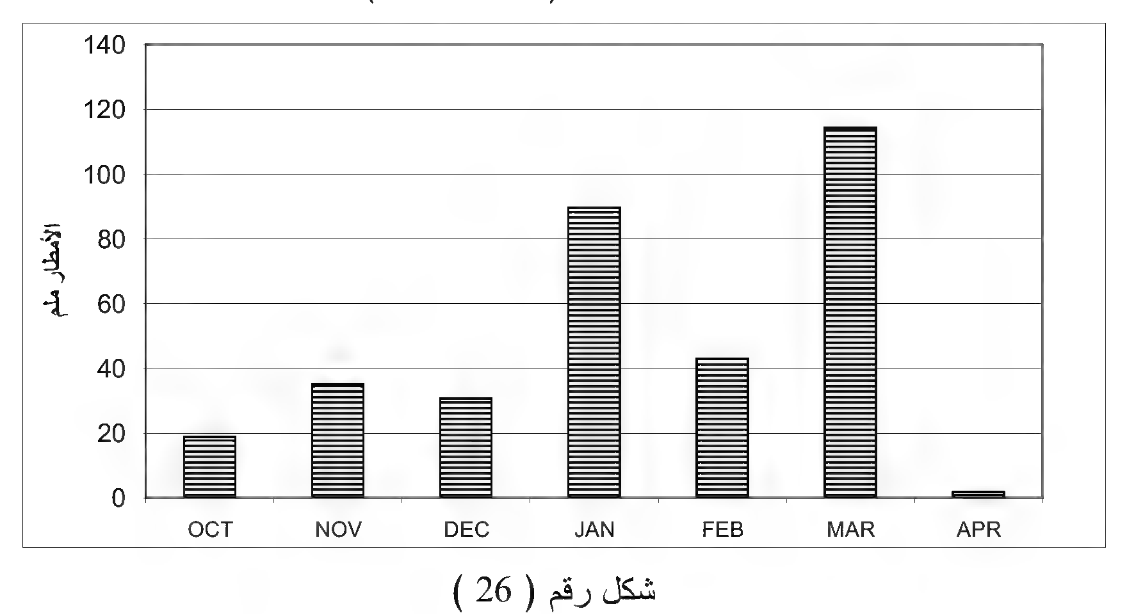
ويعتبر الموقع الفلكي من أهم الضوابط للأحوال المناخية في المرتفعات الجبلية، وفي المقابل يعتبر عامل التضاريس (المنسوب) المسؤول عن الاختلافات في درجات الحرارة وكمية الأمطار وغيرها من عناصر المناخ.

ويتصف إقليم المرتفعات باعتدال معدلات الحرارة السنوية (12.5ْ – 17.7ْ) مئوية، وانخفاض المدى الحراري السنوي نحو (17.6ْ) مئوية، وقلة الفاقد المائي بالتبخر والنتح الكامن مقارنة مع البيئات الأخرى في الأردن (رمضان،1987).

ويمكن القول أن إقليم المرتفعات يتلقى أعلى معدل من الأمطار، واقل درجات حرارة، وفيه اخصب أنواع الترب واكثر المناطق غطاءً نباتي (أبو سته،1999).

ومن الخصائص العامة للأمطار في هذا الإقليم ما يلي:

1- تذبذب الأمطار خلال الفصل المطير.(الشكل، 26).



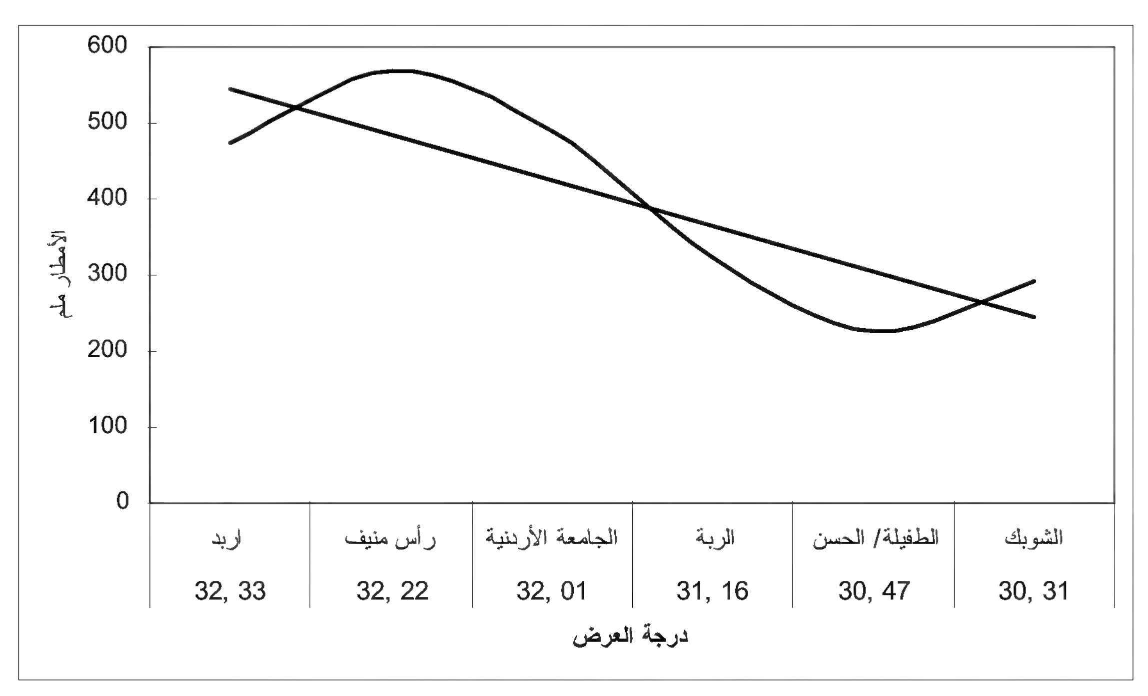
شكل رقم (26)

تذبذب الأمطار في محطة اربد خلال الموسم 1986/1985.

2- معظم الأمطار الهاطلة على المرتفعات الجبلية ناتجة عن المنخفضات الجوية القادمة من البحر المتوسط والجبهات المرافقة لها، ويقدر عدد المنخفضات التي تتعرض لها المنطقة حوالي (18 – 23) منخفضاً في السنة، الا أن بعض هذه

المنخفضات ينحرف مسارها عن الأردن شمالاً مما يجعل تأثيرها محدوداً ويقتصر على الأجزاء الشمالية من المنطقة (شحادة، 1991).

3- تناقص الأمطار ضمن إقليم المرتفعات كلما اتجهنا من الشمال إلى الجنوب (الشكل، 27). ففي اربد يبلغ معدل الهطول السنوي 480 ملم، وتتناقص هذه الكمية لتصبح 330 ملم في منطقة الربة، وإلى 300 ملم في الشوبك.



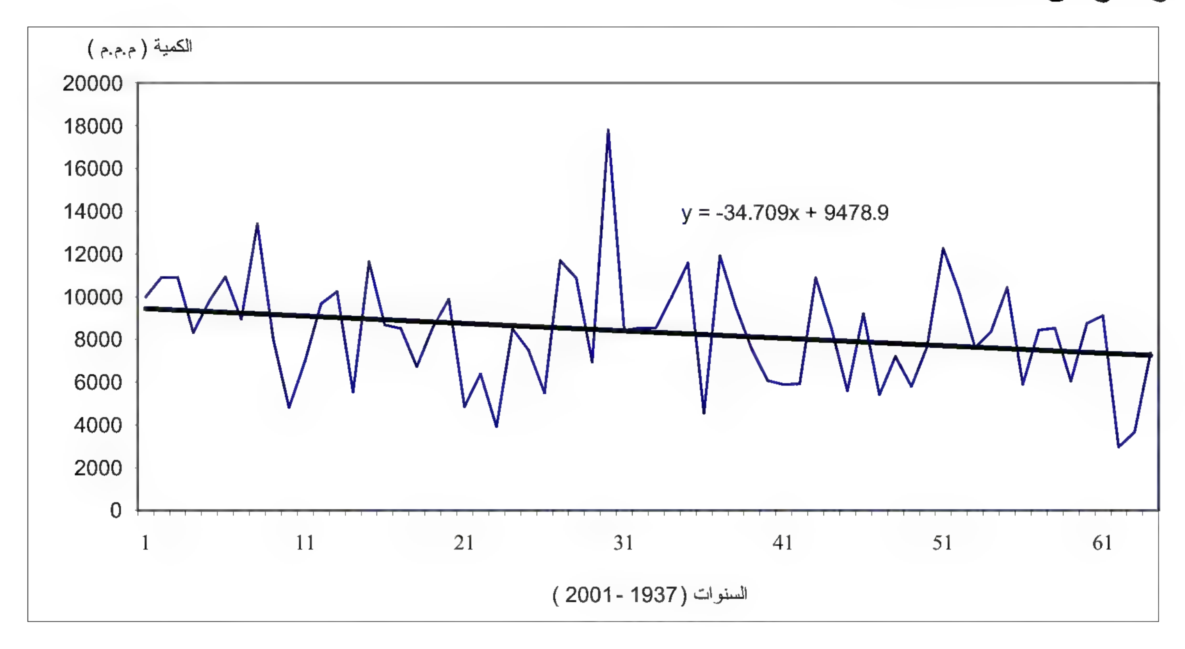
شكل رقم (27)

علاقة الأمطار بالموقع الفلكي والجغرافي في المرتفعات الجبلية.

4 – ازدياد معامل الاختلاف للأمطار في المرتفعات كلما اتجهنا من الشمال إلى الجنوب، ويبلغ معامل التغير السنوي للأمطار في المرتفعات الشمالية 25% ، بينما يبلغ في المرتفعات الجنوبية 45% (شحادة، 1978، 1991).

5 – إن الهطول المطري في المرتفعات (موسمي)، حيث يبدأ في فصل الخريف ويمتد عبر الشتاء حتى نهاية فصل الربيع، وبتحديد أكبر من منتصف شهر تشرين أول وحتى منتصف أيار من كل عام (العطوي، 1990). وتتركز الأمطار في إقليم المرتفعات الجبلية في أواخر كانون الثاني وشباط (شحادة، 1991)

6 – إن الاتجاه العام للأمطار يشير إلى تناقصها، ويظهــر الــشكل (28) اتجــاه الأمطار في الأردن، وقد بينت الدراسات أن ظاهرة تناقص الأمطار بدأت منذ أواخر القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين، وهذا يدل على تغير منــاخي تعرضــت وتتعرض له المنطقة.



شكل رقم (28)

اتجاه الأمطار في الأردن.

7 – تزداد نسب الجفاف في المرتفعات الجنوبية وفي الأطراف الجنوبية من المرتفعات الوسطى مقارنة مع المرتفعات الشمالية.

ووفق تصنيف بوديكو تصنف المرتفعات الجبلية ضمن مناطق الأعشاب الجافة. ووفقاً لمعامل الجفاف لــ بوديكو فان أي تغير محتمل في كمية الإشعاع الشمسي أو الهطول من شأنه التأثير على الوضع الهيدرولوجي للمنطقة. ويشير الجدول رقم (10) إلى قرينة الجفاف في محطات الدراسة وفق معامل الجفاف لــ بوديكو:

$$K= \frac{R}{Lr}$$

حيث ان:

K : قرينة الجفاف.

R : صافي الإشعاع.

L : كمية الحرارة الكامنة للتبخر (580 سعر / غم ماء).

r : كمية التساقط (ملم).

واستخدم بوديكو المعادلة التالية لاستخراج صافي الإشعاع:

$$R=QN(1-A)-E$$

QN : مجموع الإشعاع الشمسي.

A : معامل انعكاس السطح وقدر بـــ (0.2).

E : موازنة الإشعاع الحراري / سعر/ سم^2 / سنة.

جدول رقم (10)

نسب الجفاف في محطات الدراسة – قرينة بوديكو.

المنطقة	قرينة الجفاف
اربد	2.2
رأس منيف	1.9
الجامعة الأردنية	2.2
الربة	3.3
الطفيلة	4.3
الشوبك	3.7

* نسب الجفاف:

1 – أكثر من 10 صحاري.

2 – من 7 – 10 شبه قاحلة.

3 – من 2 – 7 مناطق الأعشاب الجافة.

4 – أقل من 2 أعشاب دائمة وغابات.

(المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 1996).

يعتمد معامل بوديكو على النسبة بين صافي الإشعاع الشمسي في أي منطقة ومقدار الطاقة اللازمة لتبخير المطر فيها ويطلق على هذه النسبة (معامل الإشعاع للجفاف).

ووفق التصنيفات المناخية يتراوح مناخ المرتفعات الجبلية بين المناخ شبه الرطب والمناخ شبه الجاف، جدول رقم (11)؛ ويتمثل المناخ المعتدل الممطر في مناطق عجلون وشمال السلط وصويلح وناعور ويتميز بفائض مائي. أما المناخ الدافيء الممطر فيسود في مرتفعات الشراه والكرك ومادبا وعمان واربد، ويتميز بفائض مائي قليل، كما أن الرطوبة النسبية تقل بالاتجاه من الشمال إلى الجنوب في المرتفعات الجبلية (أبو سمور،1985). ويتاثر الأردن بمناخ البحر المتوسط، حيث الأمطار الشتوية والصيف الجاف. ويمكن تقسيم المرتفعات الجبلية في الأردن إلى (3) مناطق مناخية حسب معادلة (أمبرجيه) وهي:

1 – المناخ المتوسطي شبه الرطب: حيث يزيد معدل الأمطار السنوية عن 600 ملم، ويسود في مناطق السلط وعجلون.

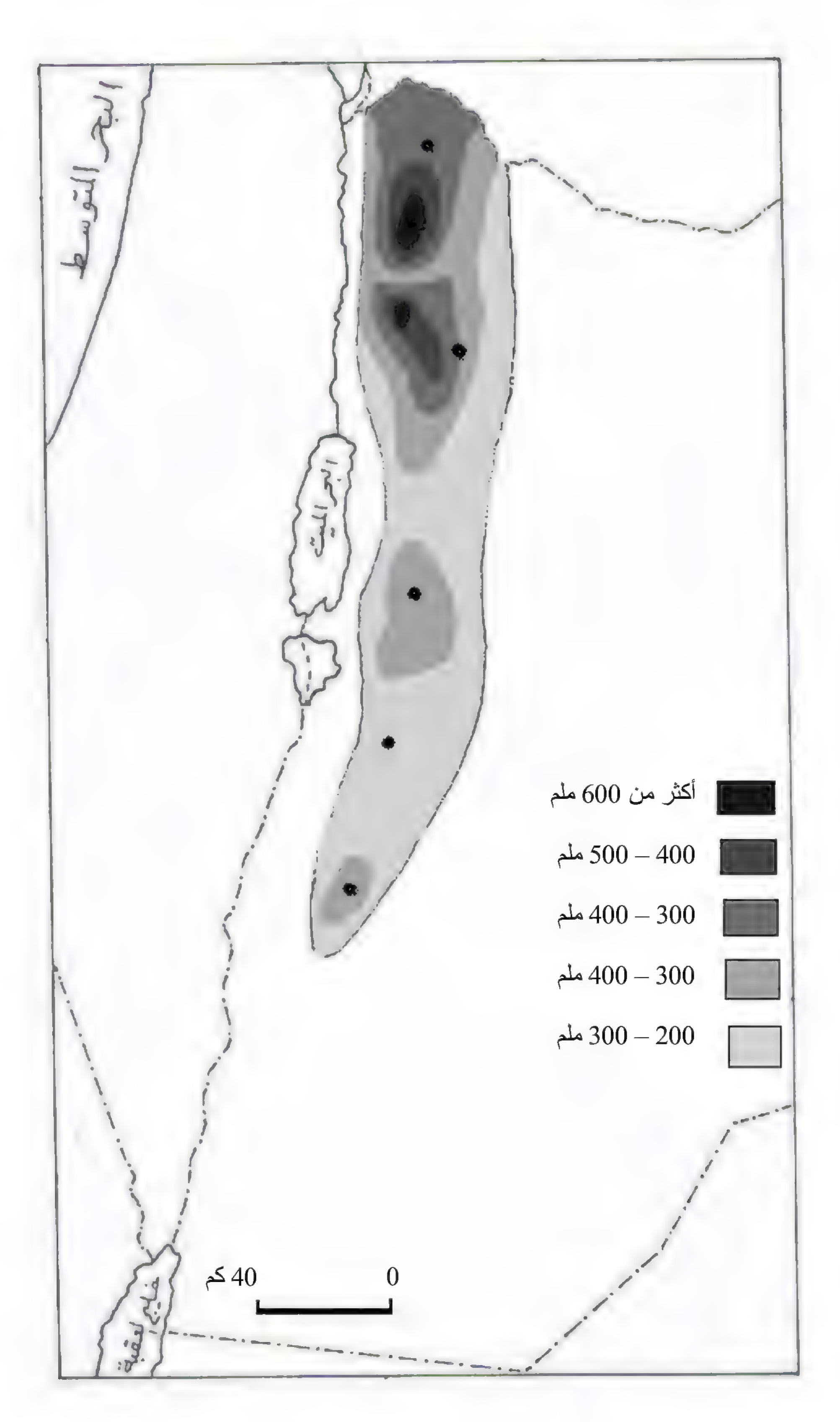
2 – المناخ المتوسطي شبه الجاف: حيث يتراوح معدل الأمطار السنوية ما بين 300 – 600 ملم، ويتمثل في مناطق عمان ومادبا والكرك والشوبك.

3 – المناخ المتوسطي الجاف: حيث معدل الأمطار السنوية أقل من 300 ملم، ويتمثل في منطقة الطفيلة (اكساد، 1996، العطوي، 1990).

جدول رقم (11).

الأقاليم المناخية في المرتفعات الجبلية حسب تصنيف كوبن (Koppen).

المنطقة	المواقع التي تمثلها	المعدل السنوي لدرجة الحرارة (C)	المعدل السنوي للأمطار (ملم)	نوع المناخ
أ المناخ المعتدل الممطر	عجلون	14.2	569.5	Csb
	الشوبك	12.6	292.2	Csb
	الجامعة الأردنية	15.6	488.3	Csa
			472.5	Csa
ب المناخ الدافيء الممطر	اربد	17.8	322.8	Csa
	الربة	16.2	225.1	Csa
	الطفيلة	15.7		



شكل رقم (29)

توزيع الأمطار في منطقة الدراسة.

المصدر: الخرائط المناخية

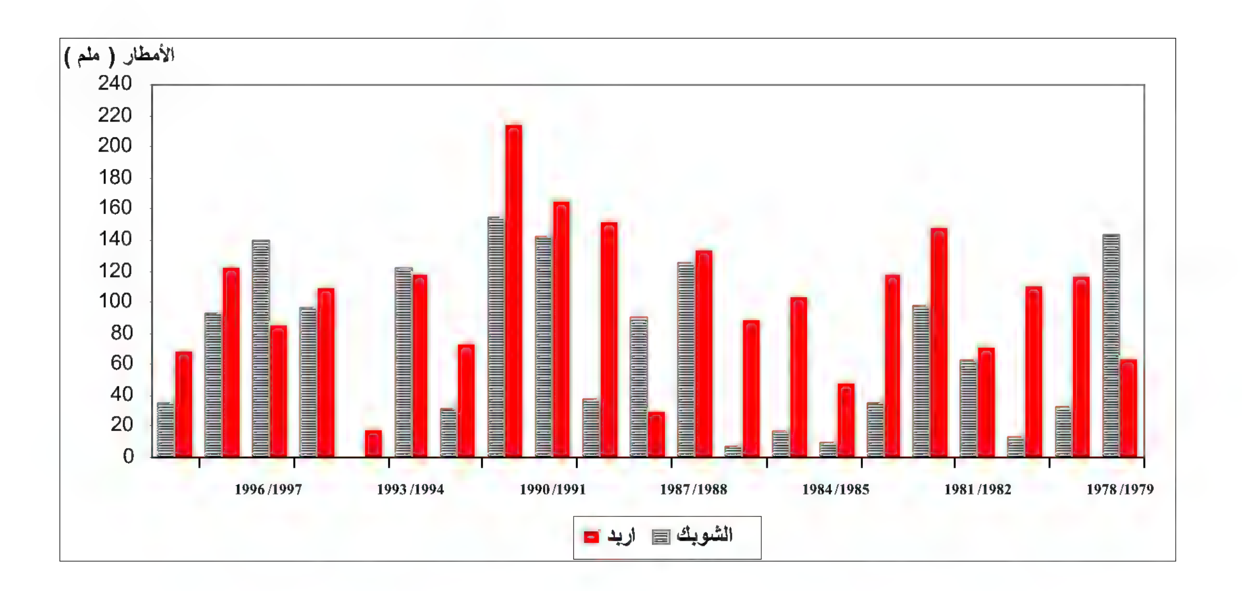
2.4 التغير السنوي والشهري للأمطار

تظهر اختلافات سنوية وشهرية في كمية الأمطار من فترة إلى أخرى، وتستخدم عدة طرق إحصائية لتحليل التوزيع الزمني للأمطار منها طريقة المتوسطات المتحركة، وطريقة خط الاتجاه العام (الشاعر، 2001). وتفيد دراسة التفاوت السنوي والشهري للأمطار في تحديد درجة الإعتمادية كلياً أو جزئياً على مياه الأمطار في الزراعة البعلية، ويقل التفاوت في المناطق المطيرة حيث لا يتعدى 50% مقارنة مع البيئات الجافة والتي تصل فيها نسبة التفاوت إلى 250% (طلبه، 2002).

ومن المشاكل التي يعاني منها قطاع الزراعة في الأردن شح الهطول المطري في معظم مناطقه، ويزيد تذبذب الهطول المطري من موسم إلى آخر من هذه المشاكل، ويتفاوت الهطول المطري تفاوتا كبيرا من موسم إلى آخر.

ففي محطة الشوبك التي يبلغ معدل الهطول السنوي فيها 292 ملم، نجد أن أعلى كمية هطول سنوية خلال فترة الدراسة (1967 – 1999) وصلت إلى 485.6 ملم في موسم 1990/1989 بينما تدنى الهطول إلى 90.8 ملم في موسم 1977/1976 لنفس المحطة، وهذا الاختلاف يحدث في جميع المحطات المناخية في الأردن.

ونتيجة للظروف المناخية والطبوغرافية، فإن معظم الهطول المطري يقع ضمن الفترة الممتدة ما بين أواخر شهر تشرين الأول ونهاية شهر نيسان، مع تركيز أكبر للهطول المطري بين شهري كانون أول وآذار (الجمعية الأردنية لمكافحة التصحر وتنمية البادية، الجامعة الأردنية، 2002) (انظر الشكل رقم 30). ويتغير الهطول الشهري من موسم إلى آخر، ويتكرر ذلك في معظم المواسم.

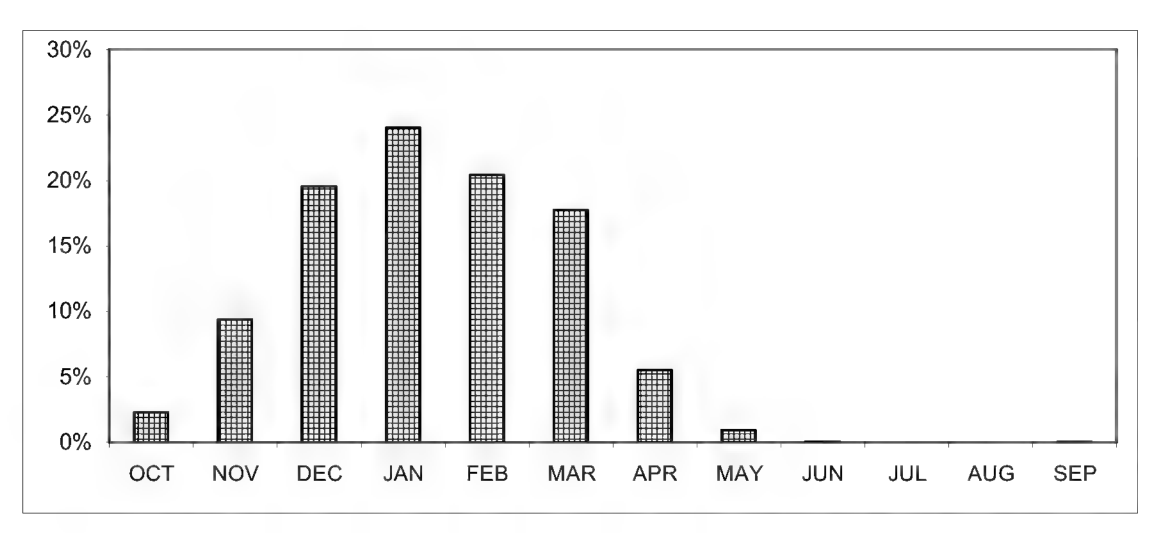


شكل (30)

تذبذب الهطول خلال شهر (كانون ثاني) في محطتي اربد والشوبك للفترة (1978/ 1979 – 1998/ 1999).

المصدر: بيانات الأرصاد الجوية 2002.

يبين الشكل السابق تذبذب الهطول المطري في محطتي اربد والشوبك خلال شهر كانون الثاني وللفترة الممتدة من عام (1978 – 1999)، ففي محطة الشوبك كان الهطول المطري في الشهر المذكور أقل من (1 ملم) في موسم 1994/ 1995، بينما لم يقل الهطول المطري في ذلك الشهر عن (17 ملم) في محطة اربد لنفس الموسم، وفي المقابل تجاوز الهطول المطري في بعض السنوات وخلال شهر كانون الثاني (350 ملم) في محطة الشوبك، وتجاوز الهطول (270 ملم) في محطة اربد. وكل هذا يدل على عدم انتظام الهطول المطري في إقليم المرتفعات الجبلية.



شكل رقم (31)

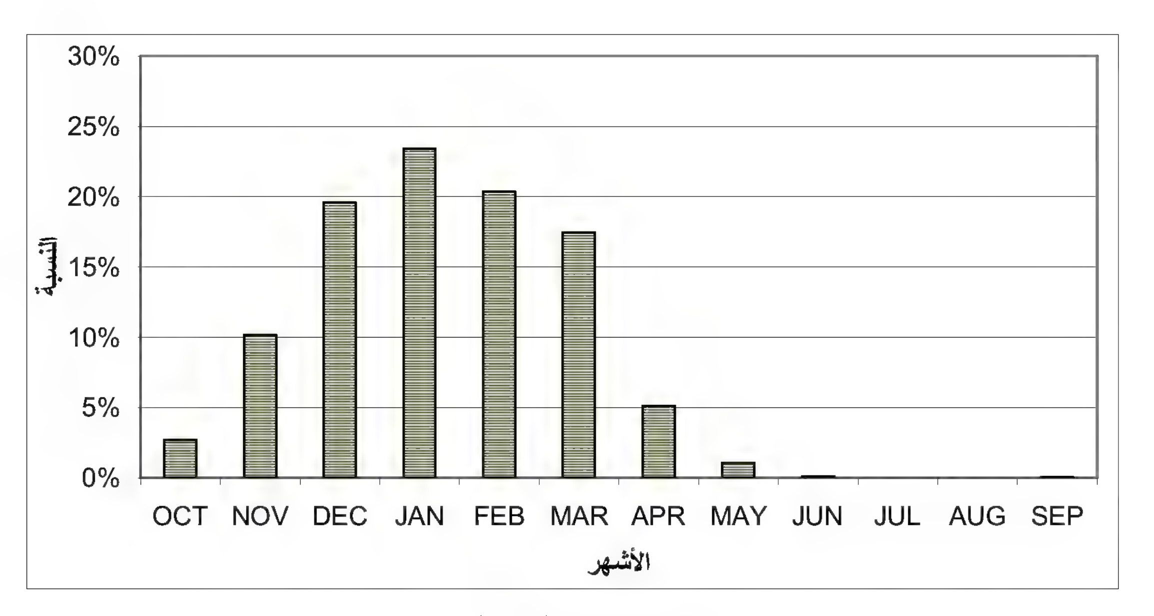
التوزيع الزمني للهطول في محطات الدراسة.

جدول رقم (12)

التوزيع الزمني للهطول في محطات الدراسة.

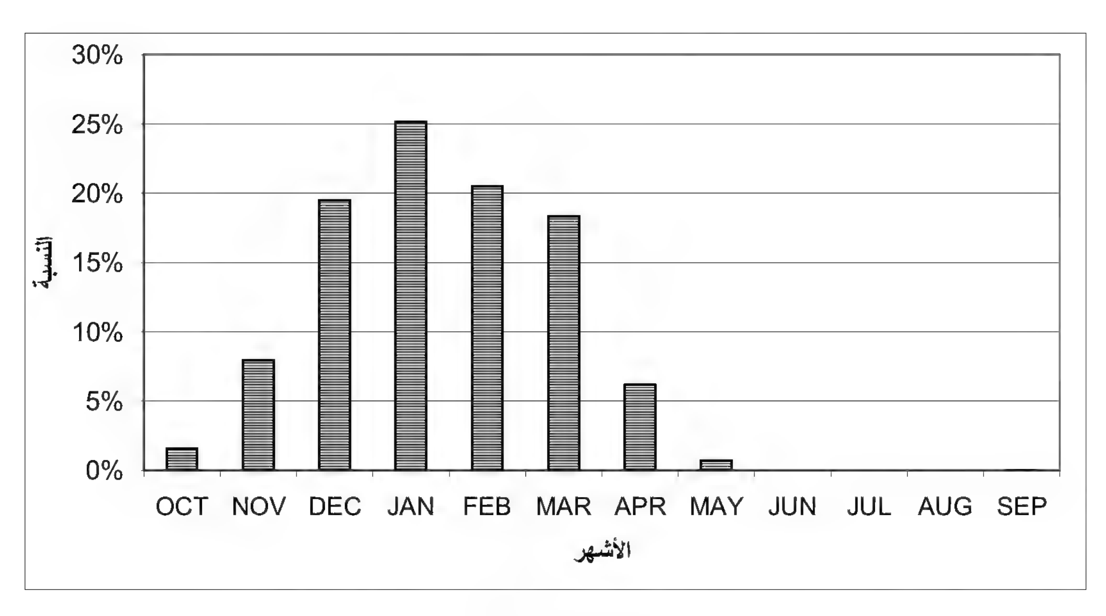
الشهر	نسبة الهطول % من المعدل العام	النسبة التراكمية
تشرين 1	2	2
تشرين 2	9	11
كانون 1	20	31
كانون2	24	55
شباط	20	75
آذار	18	93
نيسان	6	99
أيار	1	100

ويظهر الجدول (12) أن النسبة الأعلى من الهطول في محطات الدراسة تتركز في أشهر كانون أول وكانون ثاني وشباط وآذار، أما بقية أشهر الموسم المطري فيقل الهطول فيها. كما يبين الجدول (13) معدل الهطول الشهري في محطات الدراسة.



شكل رقم (32)

التوزيع الزمني للهطول في محطات اربد وراس منيف والجامعة الأردنية.



شكل رقم (33)

التوزيع الزمني للهطول في محطات الربة والطفيلة والشوبك.

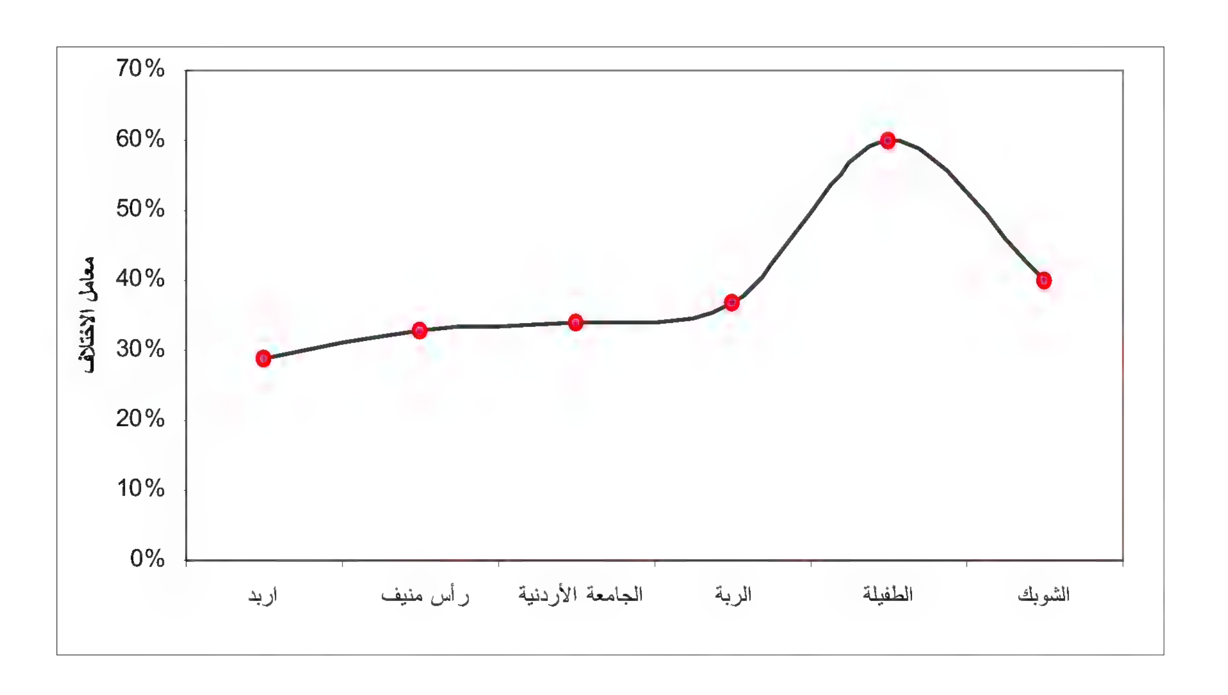
جدول رقم (13)

معدل الأمطار الشهرية (ملم) في محطات الدراسة.

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	المحطة
111	92.3	87.5	25.7	6.7	0.6	0	0	0.7	13	50.4	82.9	اربد 1960 – 1999
132	115	97.5	31.1	7.5	1.2	0.1	0	0.4	18	63.2	121.2	راس منيف 1977 -1999
121	111	82.7	25.9	3.6	0.3	0.2	0.0	0.3	9.1	49.9	93.0	الجامعة الأردنية 1970 - 1999
81.7	71.2	61.9	18.8	2.7	0	0	0	0	4.4	31	63.9	الربة 1967 - 1999
58.8	50.3	46.2	14	1.3	0	0	0	0	4.1	15.7	48.1	الطفيلة 1973 - 1999
72	65.9	62.9	18.1	6.8	0	0	0	0.1	4.3	22.9	58.6	الشوبك 1967 - 1999

المصدر: دائرة الأرصاد الجوية، 2002.

يزداد تباين الأمطار في الأجزاء الجنوبية من المرتفعات الجبلية بالتحديد في مرتفعات الطفيلة، بينما يقل التباين في المرتفعات الوسطى والشمالية، كما يقلل الارتفاع من تباين الأمطار في محطة الشوبك الواقعة إلى الجنوب من محطة الطفيلة. ويعزى ارتفاع معامل التباين للأمطار في المرتفعات الجنوبية مقارنة مع المرتفعات الوسطى والشمالية إلى موقعها بالنسبة لمسارات المنخفضات الجوية (انظر الشكل، 34).



شكل رقم (34)
تباين الأمطار السنوية في محطات الدراسة لأكثر من 35 سنة.

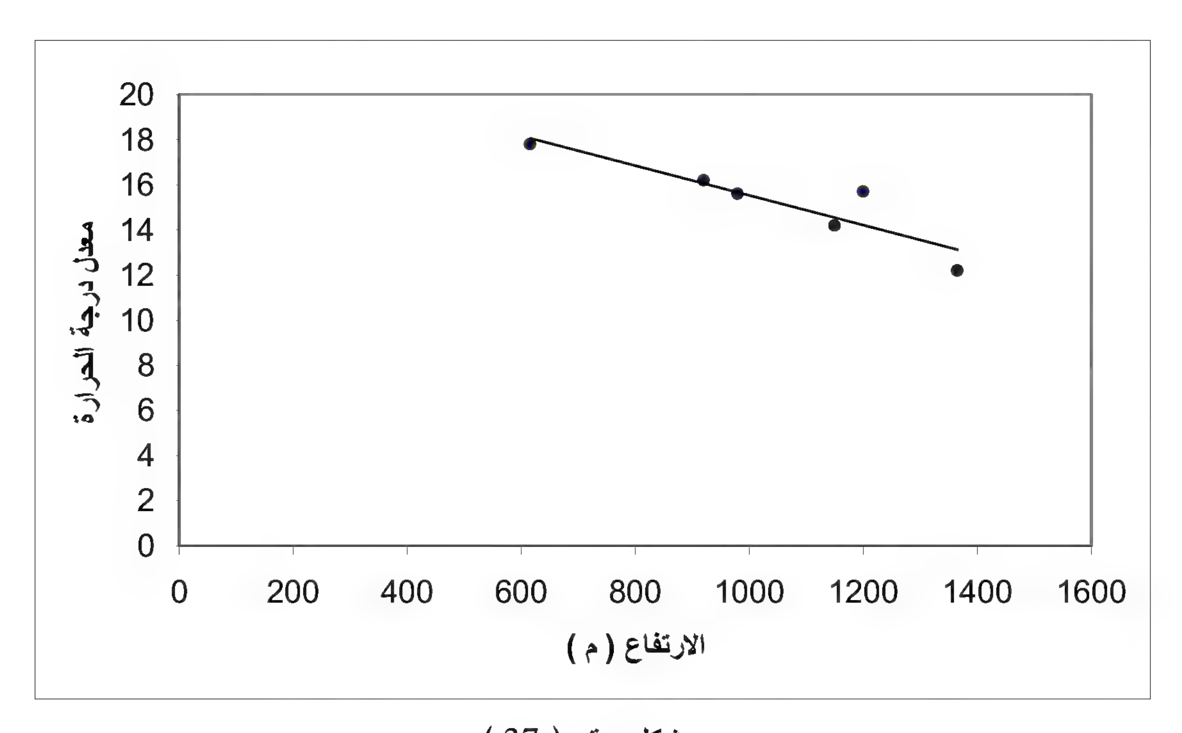
جدول رقم (14)

الخصائص الإحصائية للهطول في محطات الدراسة.

الخصائص	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Yearly	المحطة
Mean	13.6	47.5	87.4	111.4	94.7	86.4	24.01	5.9	1.02	0	0	0.6	472.5	اربد (1960- 1999)
Max	52.1	214.5	250.9	270.5	336	215	192.6	38.5	20.2	0	0	7.7	912.9	
Min	0	0	15.9	17.8	21.4	3.7	0	0	0	0	0	0	216.8	
St.dev	13.6	42.8	63.6	58.5	65.4	45.9	32.8	9.6	4.2	0	0	1.7	135.04	
Cv%	100.3	90.2	72.8	52.5	69.1	53.1	136.5	162.3	415.2	0	0	282.5	28.6	
Mean	18.2	62.09	114.7	124.8	111.9	95	30.3	5.6	0	0	0	0	569.6	رأس منيف (1960 - 1999)
Max	77.5	253.3	377.9	344.2	382.3	225.8	253.8	41.2	0	0	0	0	1151.4	
Min	0	0	19.1	26.5	25.4	0	0.6	0	0	0	0	0	264.7	
St.dev	18.1	57.2	89.7	63.4	72.8	53.3	41.04	10.6	0	0	0	0	186.4	
Cv%	99.6	92.1	78.2	50.8	65.1	56.1	135.4	184.1	0	0	0	0	32.7	
Mean	9.6	45.6	96.1	120.1	103.3	84.7	23.8	4.5	0.2	0.15	0	0.3	488.3	الجامعة الأردنية (1960 – 1999)
Max	50	204.5	378.5	345.8	370.5	234	268.3	54.7	8.2	6	0	5	1135.8	
Min	0	0	2.9	13.3	14.7	3	0	0	0	0	0	0	234.1	
St.dev	10.6	48.9	89.4	64.3	76.7	53.3	44.4	10.4	1.3	0.95	0	0.9	163.9	
Cv%	110.9	107.3	93.02	53.5	74.3	62.9	186.3	232.4	624.5	632	0	348.4	33.6	
Mean	4.4	29.5	61.9	83.1	68.0	56.6	20.8	0.9	0.04	0	0	0.01	322.8	الربة (1960 – 1999)
Max	52.7	128.6	207.8	382.9	194.7	245.2	238.5	13.4	0.2	0	0	0.2	618.2	
Min	0	0	0	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	113.7	
St.dev	9.6	35.4	57.4	73.7	49.3	45.1	41.7	2.6	0.03	0	0	0.03	118.9	
Cv%	217.5	119.8	92.6	88.7	72.4	79.7	200.1	296.1	632.5	0	0	632	36.8	
Mean	3.8	15.9	45.5	54.5	46.8	43.5	13.7	1.4	0	0	0	0.02	238.3	الطفيلة/ الحسن (1973 – 1999)
Max	23.8	115.3	163.9	395.5	174.3	174.6	94.5	10.2	0	0	0	0.1	781.5	
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85	
St.dev	6.03	26.08	49.9	70.5	44.1	43.5	21.9	2.5	0	0	0	0.02	136.07	
Cv%	159.8	163.5	109.8	129.2	94.4	99.9	160.6	173.5	0	0	0	574.5	60.4	
Mean	5.2	21.7	56.8	74.5	58.2	54.3	17.7	3.7	0.06	0	0.03	0.1	292.2	الشوبك (1960 – 1999)
Max	22.9	185.5	352.3	350.5	162.3	279.6	104	59.5	2.3	0	1.2	2.5	567.3	
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95.2	
St.dev	7.05	34.9	65.8	68.2	43.6	52.3	27.3	10.1	0.4	0	0.2	0.6	117.7	
Cv%	136.7	160.9	115.9	91.5	75.01	96.2	154.1	272.2	632.5	0	0.01	584.6	40.3	

3.4 خصائص درجات الحرارة والتبخر في منطقة الدراسة

تتوافق خطوط الحرارة المتساوية في المرتفعات الجبلية في الأردن إلى حد كبير مع خطوط الكنتور التي تتجه بشكل عام من الشمال إلى الجنوب، وتتأثر درجات الحرارة بالارتفاع عن مستوى سطح البحر ودرجة العرض التي تقع عليها المنطقة، فعامل المنسوب له دور كبير في رفع أو خفض درجة الحرارة ومثال ذلك محطة الشوبك التي تقع على ارتفاع (1365 متر) حيث يبلغ المعدل السنوي لدرجة الحرارة فيها (12.5) درجة مئوية (البحيري،1991). انظر الشكل (37).

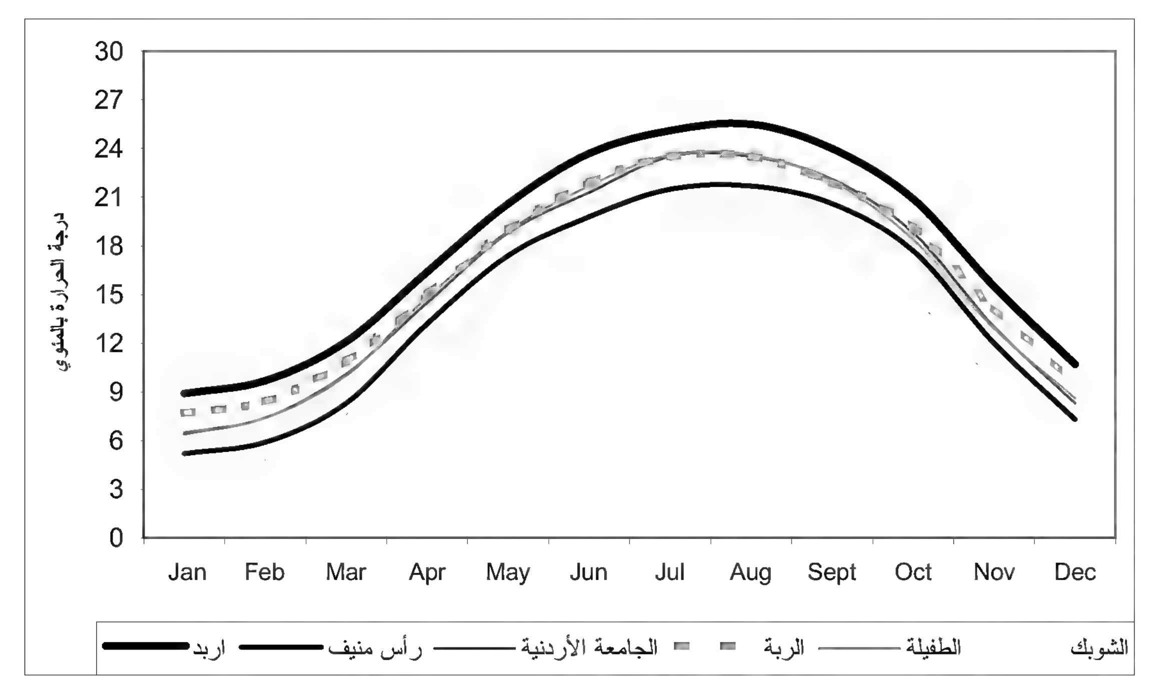


شكل رقم (37)

العلاقة بين معدل درجة الحرارة السنوي والارتفاع في محطات الدراسة.

ويقل المعدل السنوي لدرجة الحرارة في إقليم المرتفعات الجبلية عن (18) درجة مئوية، كما يقل المعدل السنوي للحرارة عن (16) درجة مئوية في المرتفعات التي يزيد ارتفاعها عن (900 متر) في عجلون والبلقاء، والمناطق التي يزيد ارتفاعها عن (1200 متر) في مرتفعات الشراه، وتعتبر منطقة الشوبك اكثر مناطق المرتفعات برودة بل الأردن بشكل عام حيث يقل المعدل السنوي للحرارة عن(12.4) درجة مئوية (شحاده، 1991).

و يقدر المدى الحراري اليومي في المرتفعات الجبلية بـ (12) درجة مئوية وأدنى حد له في مرتفعات عجلون (8) درجات مئوية، ويقل المدى الحراري اليومي لدرجة الحرارة في فصل الشتاء مقارنة مع فصل الصيف، أما المسار السنوي لدرجة الحرارة في المرتفعات فنجده ينخفض في فصل الشتاء، إذ يبلغ المعدل الفصلي لها (8.5ْ) وفي فصل الصيف يصل معدلها الفصلي (23.2ْ) درجة مئوية، وعند مقارنة الخصائص العامة لدرجة الحرارة في المرتفعات الجبلية مع غيرها من بيئات الأردن الأخرى نجد أن المرتفعات اكثر المناطق اعتدالاً.(الشكل، 38).



شكل رقم (38).

معدل درجة الحرارة في محطات الدراسة.

*** المصدر: بيانات دائرة الأرصاد الجوية،2002 .**

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Yearly	Period	المحطة
8.9	9.7	12.1	16.4	20.6	23.7	25.1	25.5	24.0	20.9	15.5	10.7	17.8	1955-2000	اربد
5.2	5.9	8.3	13.2	17.4	19.8	21.5	21.7	20.6	17.7	12.0	7.3	14.2	1977-2000	راس منيف
6.4	7.4	10.1	14.5	18.8	21.3	23.5	23.5	22.1	18.8	13.0	8.3	15.6	1960-2000	الجامعة الأردنية
7.7	8.4	10.9	15.0	19.0	21.9	23.5	23.5	21.9	19.1	14.2	9.5	16.2	1961-2000	الربة
6.5	7.4	10.0	14.8	18.9	21.7	23.6	23.6	22.0	18.4	12.9	8.6	15.7	1973-2000	الطفيلة
4.0	4.8	7.6	11.9	15.4	18.4	20.3	20.2	18.2	14.8	9.7	5.8	12.6	1960-2000	الشوبك

جدول رقم (15)

المعدل الشهري لدرجة الحرارة (˚C) في محطات الدراسة.

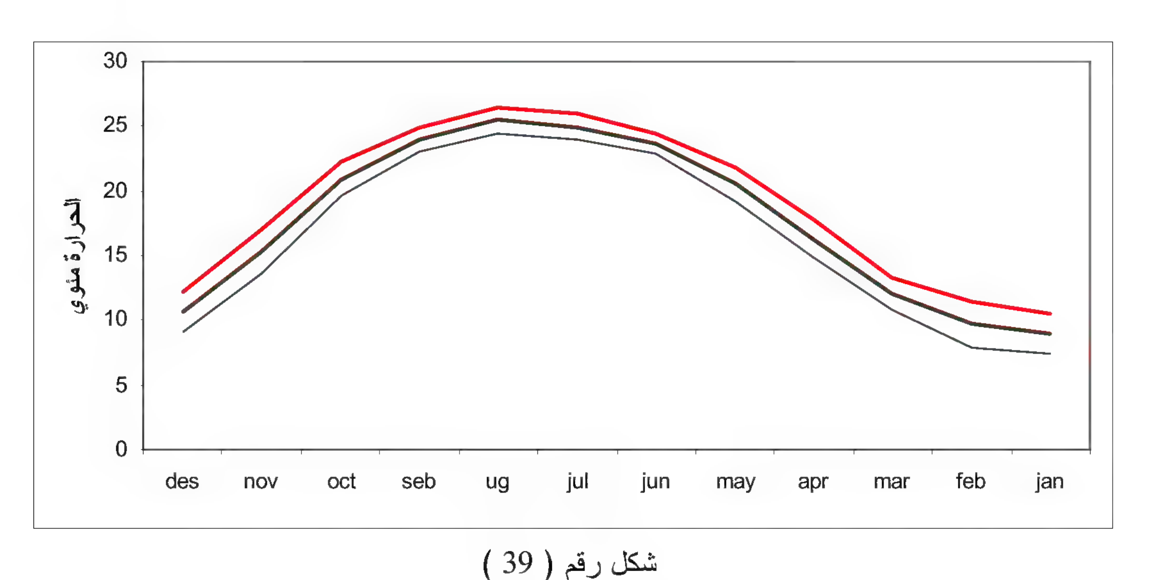
المصدر: بيانات الارصاد الجوية 2002.

جدول رقم (16)

الانحراف المعياري الشهري لدرجات الحرارة في محطات الدراسة.

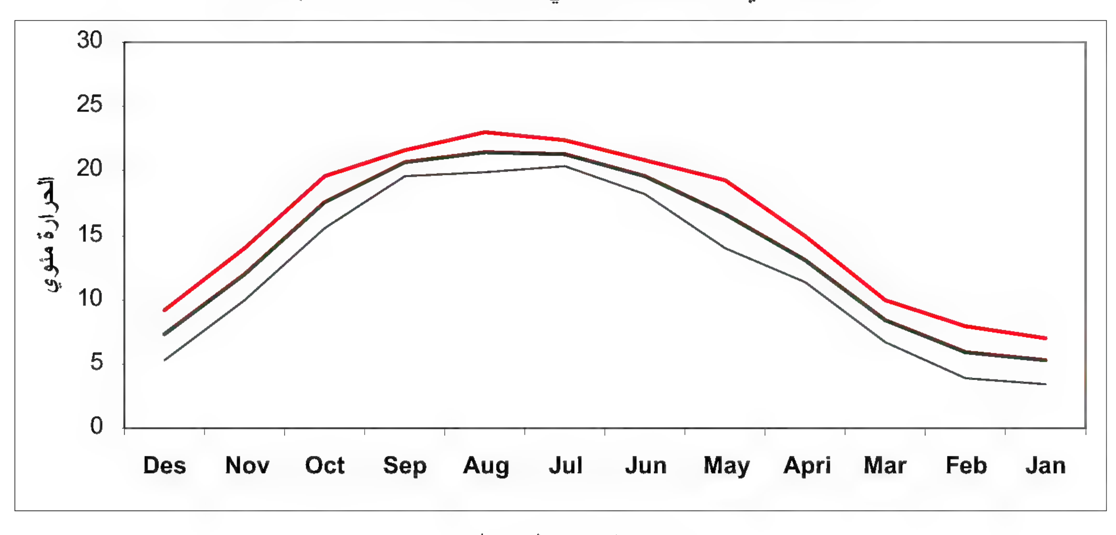
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Period	المحطة
1.5	1.8	1.2	1.5	1.4	0.8	1.0	1.0	0.9	1.3	1.7	1.5	1955-2000	اربد
1.7	2.1	1.6	1.8	2.6	1.3	1.0	1.6	1.0	2.0	2.0	1.9	1977-2000	راس منيف
1.8	1.9	1.2	1.8	1.6	1.2	1.6	1.8	1.4	1.5	2.0	1.9	1960-2000	الجامعة الأردنية
1.6	1.9	1.4	1.5	1.3	0.8	1.0	1.1	1.0	1.3	1.7	1.7	1961-2000	الربة
1.7	1.9	1.2	1.4	1.5	1.1	1.4	1.3	1.1	1.3	1.8	1.8	1973-2000	الطفيلة
1.7	1.9	1.4	1.4	1.3	2.2	1.1	1.2	1.0	1.8	1.5	1.6	1960-2000	الشوبك

المصدر: بيانات الارصاد الجوية 2002.



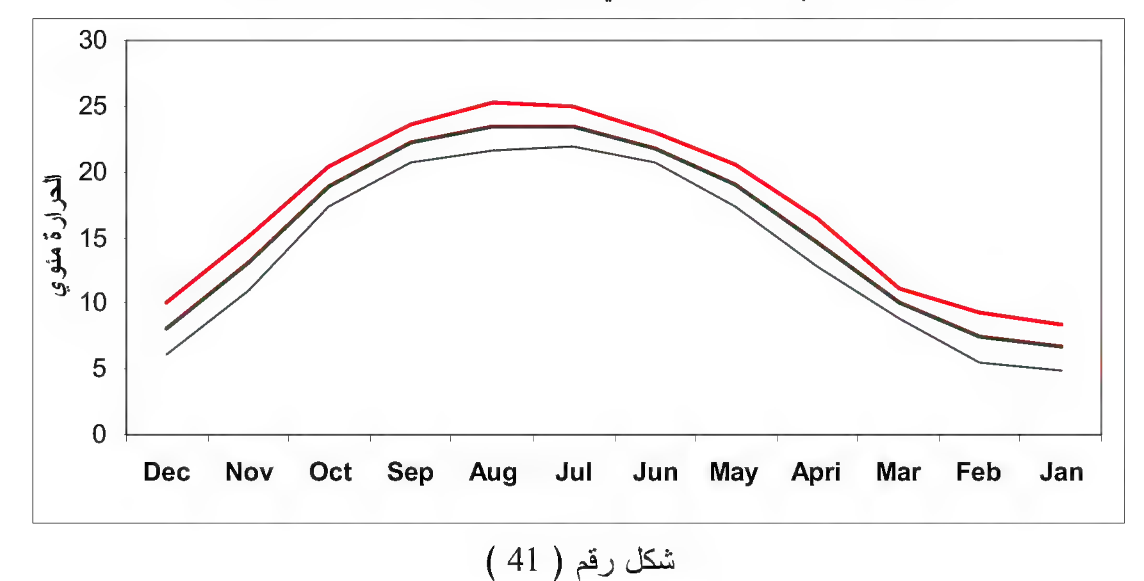
شكل رقم (39)

المعدل الشهري لدرجة الحرارة في اربد ± انحراف معياري واحد.



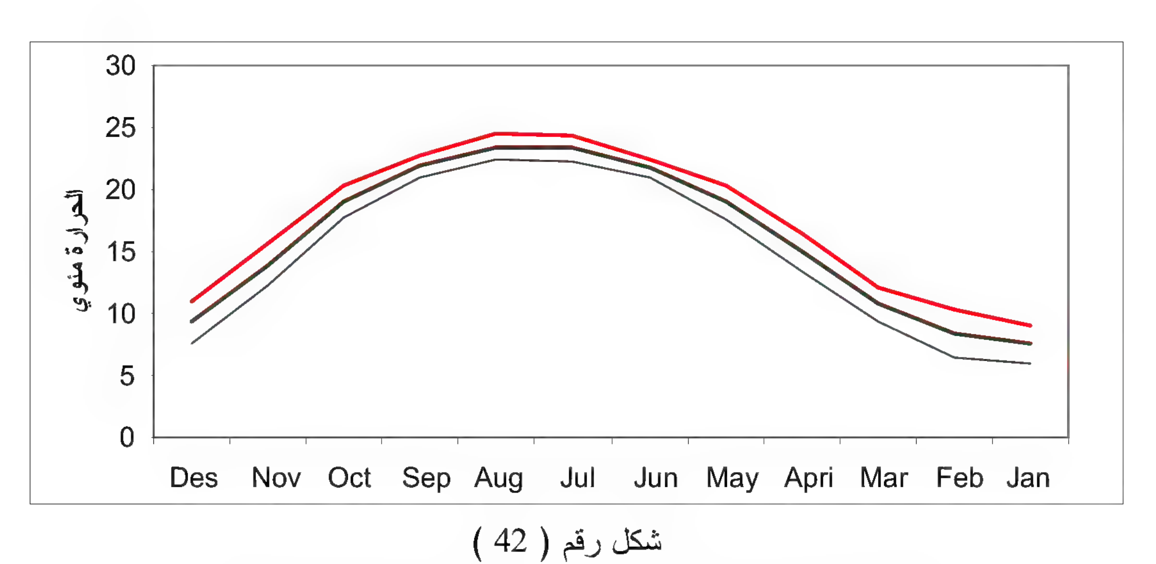
شكل رقم (40)

المعدل الشهري لدرجة الحرارة في رأس منيف ± انحراف معياري واحد.



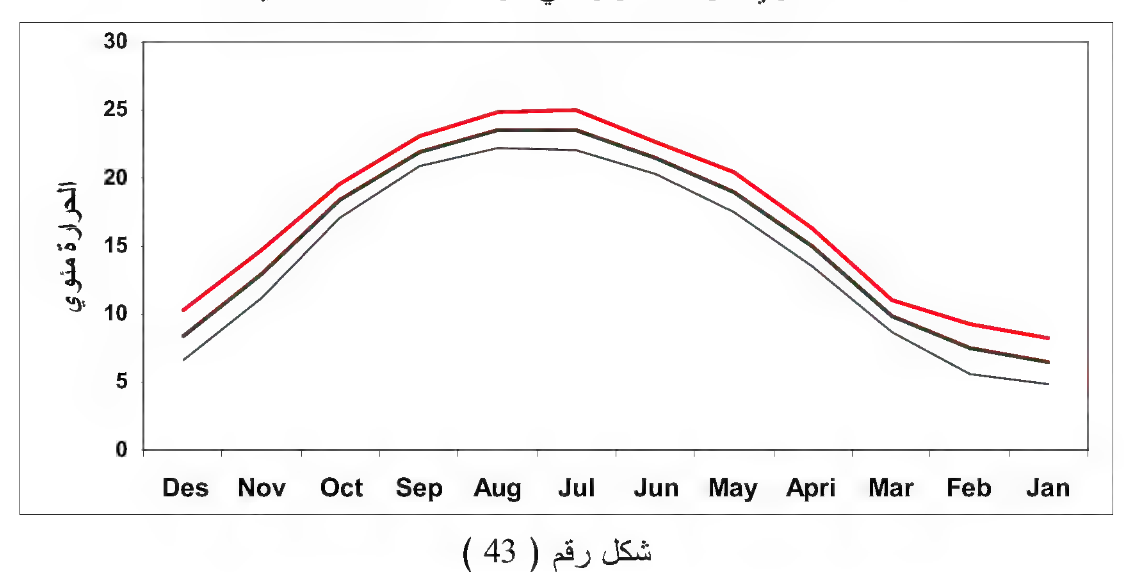
شكل رقم (41)

المعدل الشهري لدرجة الحرارة في الجامعة الأردنية ± انحراف معياري واحد.



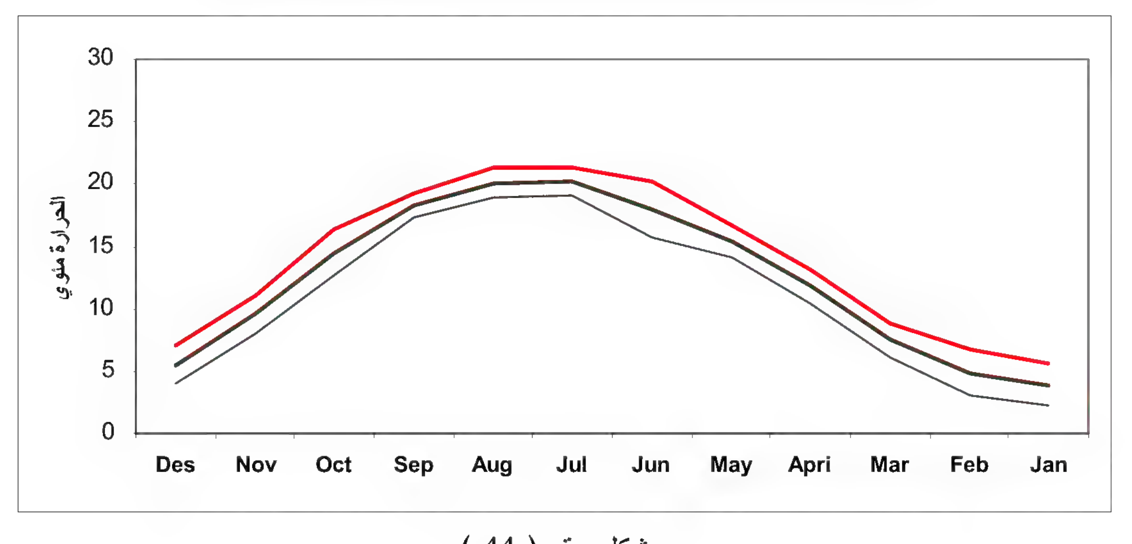
شكل رقم (42)

المعدل الشهري لدرجة الحرارة في الربة ± انحراف معياري واحد



شكل رقم (43)

المعدل الشهري لدرجة الحرارة في الطفيلة ± انحراف معياري واحد.

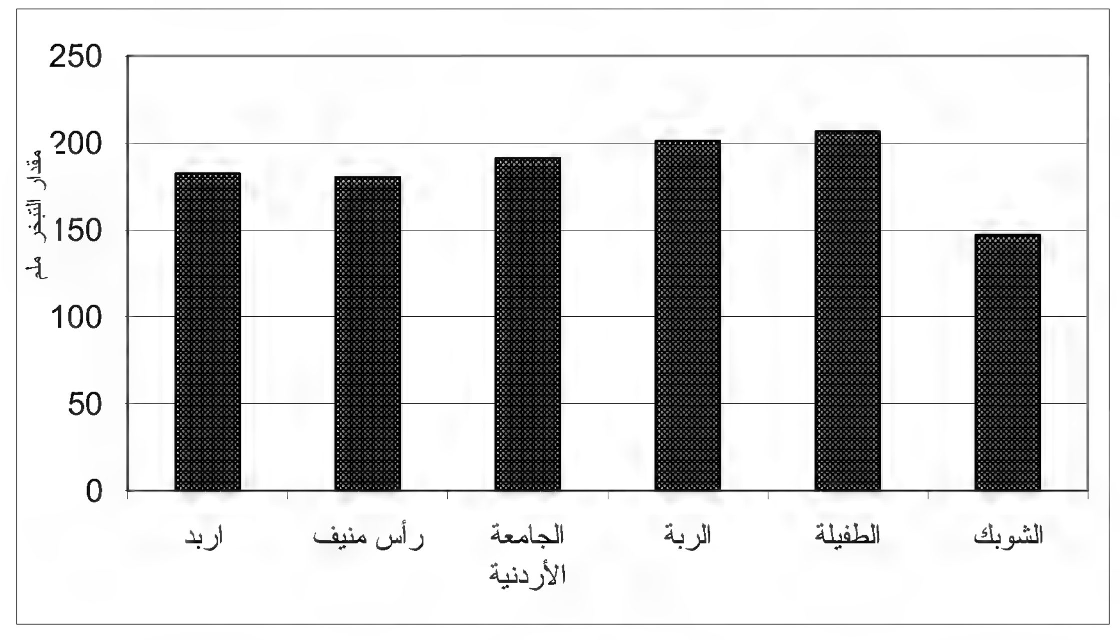


شكل رقم (44)

المعدل الشهري لدرجة الحرارة في الشوبك ± انحراف معياري واحد.

وفيما يتعلق بالتبخر في منطقة الدراسة، فانـــه يـــرتبط بـــالظروف المناخيـــة والطبوغرافية لكل منطقة، ويتفاوت معدل التبخر في إقلـــيم المرتفعـــات الجبليـــة. ففي منطقة الشوبك ينخفض معدل التبخر بفعل عامل الارتفاع وانخفـــاض درجـــات الحرارة، كما يقل معدل التبخر السنوي في محطات اربد ورأس منيف بسبب موقعها الفلكي الذي من شأنه تقليل أثر الإشعاع الشمسي على مقدار التبخر.

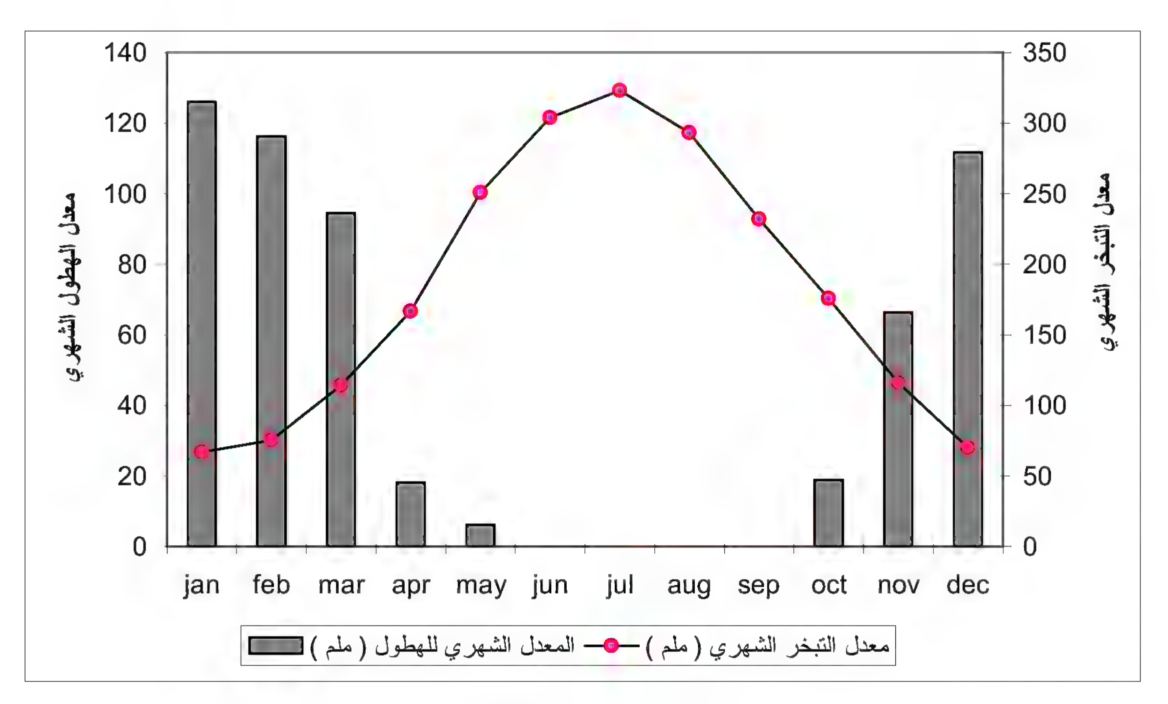
وتتعرض الأمطار الساقطة إلى تبخر كبير حيث تتراوح النسبة ما بين 86% إلى 91% في المناطق المرتفعة، وقد يزيد عن 98% في مناطق البادية، والباقي ينساب في قطاعات التربة لتغذية طبقات التربة السطحية وأحواض المياه الجوفية والينـــابيع (بني هاني، 2001). والشكل رقم (45) يبين معدل التبخر الشهري (ملم) حسب حوض التبخر (A) في محطات الدراسة.



شكل رقم (45)

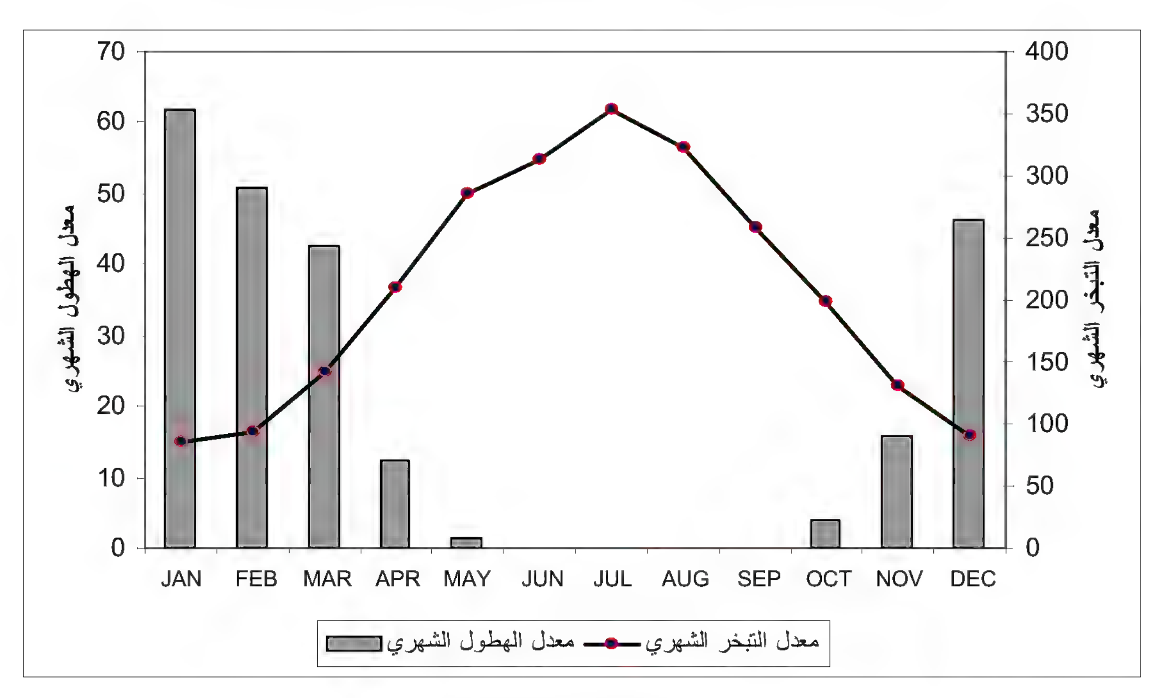
معدل التبخر الشهري في محطات الدراسة حسب حوض التبخر (class- A) (ملم).

وتظهر الأشكال (46، 47) المعدل الشهري للتبخر والهطول في محطتي رأس منيف والطفيلة. كما تبين الأشكال (48، 49، 50) معدل التبخـــر الـــشهري حـــسب حوض التبخر (A) في بعض محطات الدراسة.



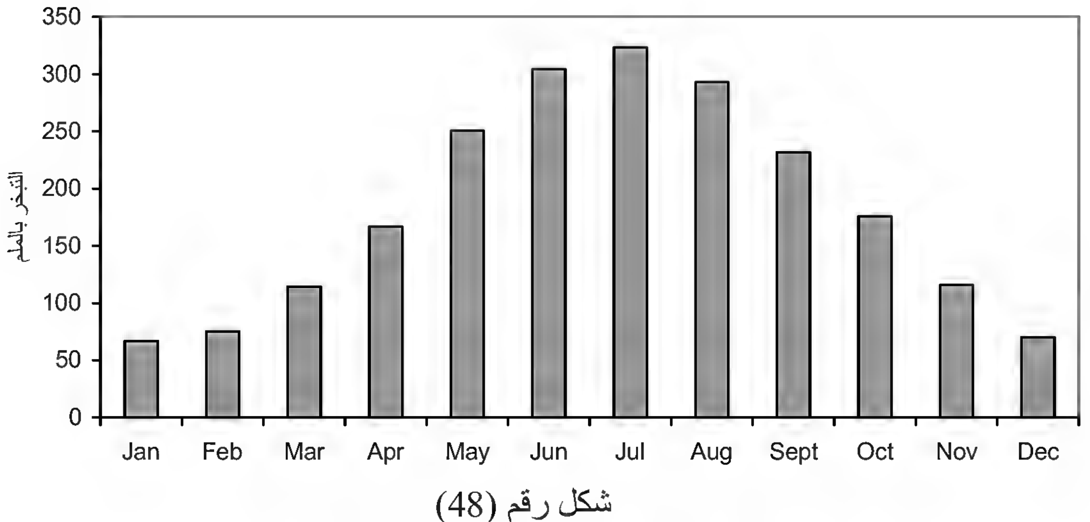
شكل رقم (46).

المعدل الشهري للتبخر والهطول في محطة رأس منيف (ملم).

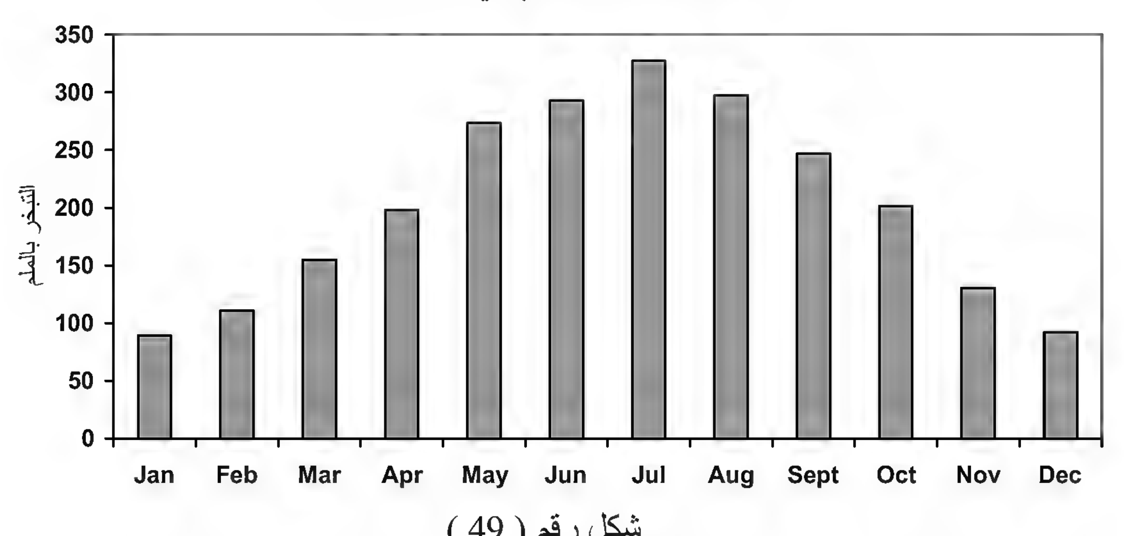


شكل رقم (47).

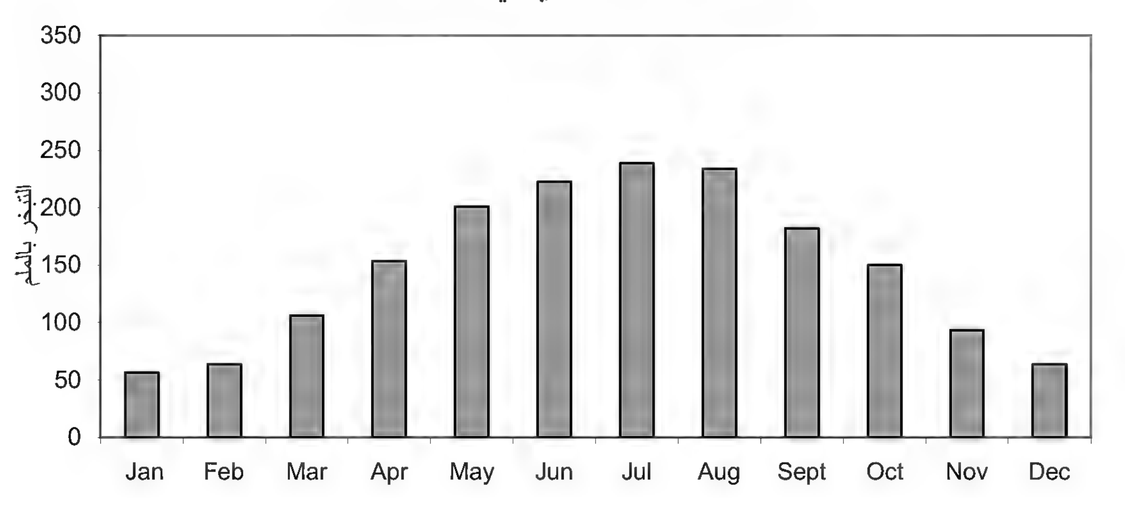
المعدل الشهري للتبخر والهطول في محطة الطفيلة (ملم).



شكل رقم (48)
معدل التبخر الشهري في محطة اربد.



شكل رقم (49)
معدل التبخر الشهري في محطة الربة.



شكل رقم (50)
معدل التبخر الشهري في محطة الشوبك.

وبما أن المناطق الجبلية في الأردن تصنف ضمن المناطق الجافة وشبه الجافة والتي يتراوح معدل الهطول المطري السنوي فيها بين (250 –600) ملـــم ، فـــان درجة الاعتمادية على هذا المعدل في الزراعة المطرية ضعيفة. فضلاً عن ذلك أن هذه المرتفعات تتميز بموسمية الأمطار وبمعدلات تبخر ونتح Evapotranspiration عالية (غانم،2001). ويزيد ارتفاع معدل التبخر من شدة الجفاف خاصة إذا اقترن ذلك بمعدل هطول قليل.

4.4 الرياح

أن الرياح السائدة في منطقة الدراسة غربية إلى جنوبية غربية أو شمالية غربية. وتكون هذه الرياح ماطرة في فصل الشتاء نظراً لمرورها فـــوق مـــسطحات مائيـــة، وتتراوح سرعة الرياح بين 12 - 18 عقدة، وتصل أحيانا إلى 75 عقدة خاصةً قبيـــل وصول الجبهات الباردة، وقد تهب في فصل الشتاء رياح جنوبية أو جنوبيـــة شـــرقية وتكون في العادة محملة بالغبار، ويكثر سكون الرياح ليلاً وفي ساعات الصباح الأولى خاصة إذا كانت المنطقة واقعة تحت تأثير المرتفع الجوي السيبيري (شحاده،1991).

وفي فصل الصيف تسود المرتفعات الجبلية رياح شمالية غربية، ويتـــأثر اتجـــاه الرياح في الصيف بالمنخفض الجوي الموسمي وقوته، وتتراوح سرعة الرياح بـــين 20 – 25 عقدة، وتصل أقصى سرعة لها بعد الظهر، بينما تمتاز معظم الليالي بسكون الرياح (شحاده، 1991). وفي فصل الربيع يرافق المنخفـــضات الخماســـينية التـــي تتعرض لها المنطقة رياح محملة بالغبار والأتربة وهي رياح جافة تؤدي إلى زيـــادة جفاف التربة وتفككها.

وتؤدي الرياح الشرقية التي تهب عقب سقوط الأمطار إلى جفاف التربة، خاصة وان هذه الرياح جافة مما يلحق الضرر بالمحاصيل الزراعية، وهذا ما يعـــاني منـــه المزارعون في منطقة المرتفعات الجبلية، حيث تستنفذ رطوبة الطبقة الـــسطحية مـــن

التربة والتي تعتمد عليها المحاصيل الزراعية البعلية في نموها، وكذلك الأعشاب ذات الجذور القصيرة التي ترعاها مواشيهم.

الفصل الخامس

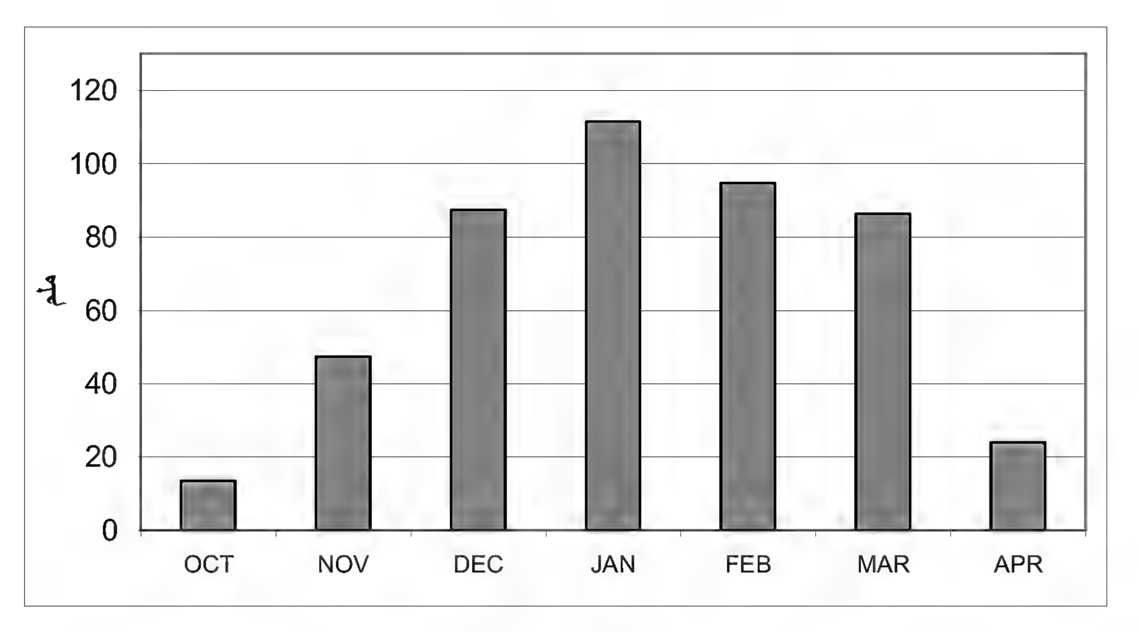
النتائج والتوصيات

1.5 مناقشة نتائج تطبيق قرينة Palmer على محطات الدراسة

بتطبيق قرينة بالمر Palmer على جميع محطات الدراسة أظهرت نتائج التحليل أن تكرار سنوات الجفاف في جميع المحطات لا يــرتبط بفتــرة زمنيــة محــددة، وأظهرت النتائج اختلافاً بين محطات الدراسة في الفترة التي تتكرر فيهــا ســنوات الجفاف. ويزداد تكرار حالات الجفاف في المرتفعات الجنوبية والوسطى مقارنة مع المرتفعات الشمالية. وبينت نتائج التحليل انه ليس دائماً تكون شــدة الجفــاف فــي المرتفعات الجنوبية أكبر منها في المرتفعات الشمالية لنفس الموسم الجاف. ويوضح النقاش التالي خصائص الجفاف وتكراره في المحطات الجبلية التي تمت دراستها.

1.1.5 محطة اربد

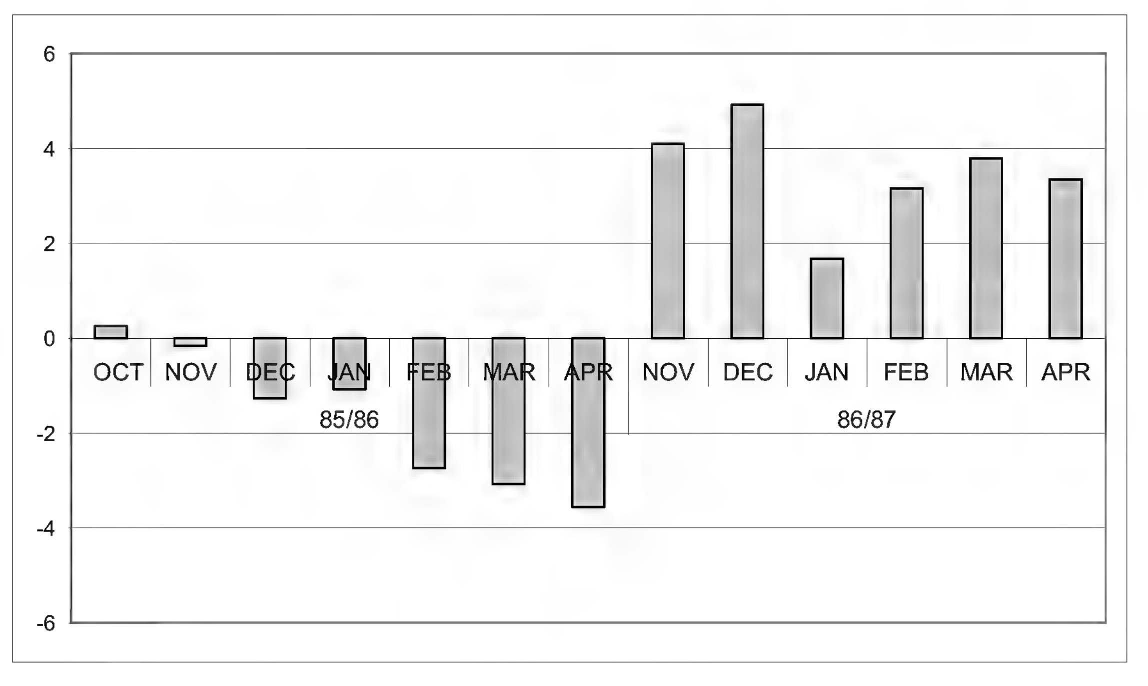
من خلال تطبيق مؤشر شدة الجفاف لــ Palmer على بيانات محطة اربد للفترة من (1960 – 1999) تبين أن المنطقة تعرضت لسلسلة من سنوات الجفاف وصلت إلى (12) موسم خلال فترة الدراسة. وبلغت نسبة المواسم الجافة خلال فترة الدراسة 34 %. ويستنتج من ذلك أن سنوات الجفاف تتكرر ثلاث مرات كل عشر سنوات تقريبا. وبلغ عدد اشهر الدراسة في محطة اربد (273) منها (88) شهر جاف أي ما نسبته 32%.



شكل رقم (51)

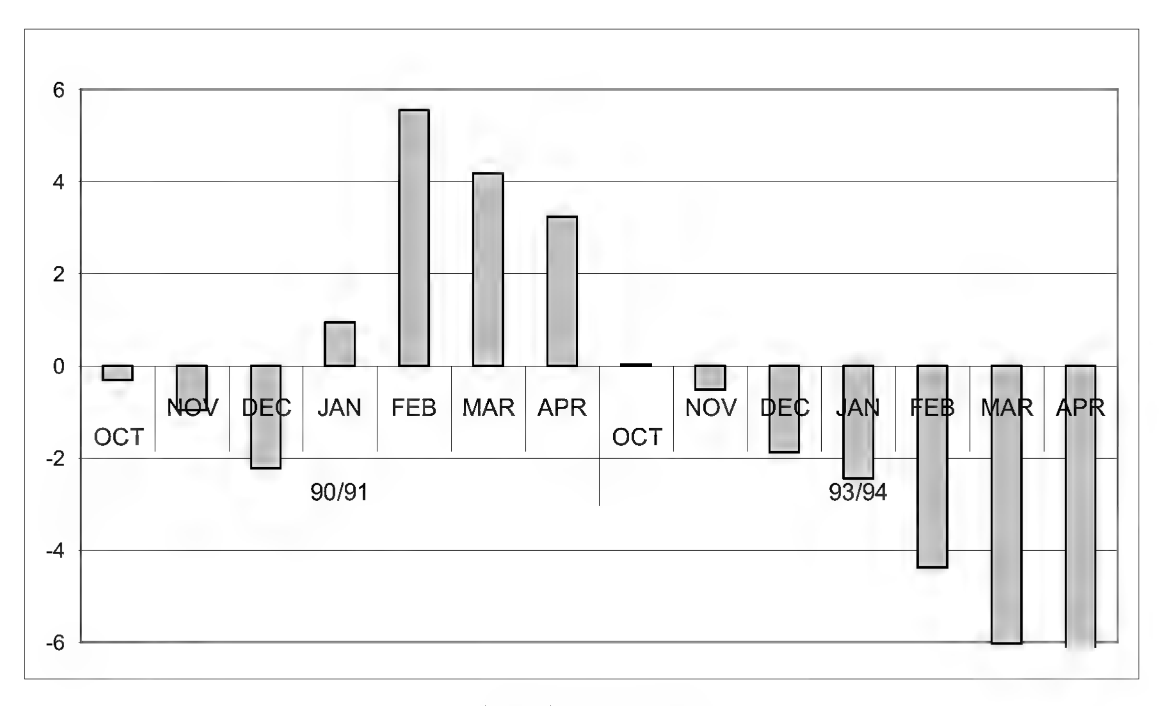
المعدل الشهري للهطول في محطة اربد (1960 – 1999).

وتظهر الأشكال (52، 53) بعض مواسم الجفاف والرطوبة في محطة اربد وفق قرينة Palmer .



شكل رقم (52)

بعض المواسم الجافة والرطبة في محطة اربد – قرينة Palmer.



شكل رقم (53)

بعض المواسم الجافة والرطبة في محطة اربد – قرينة Palmer.

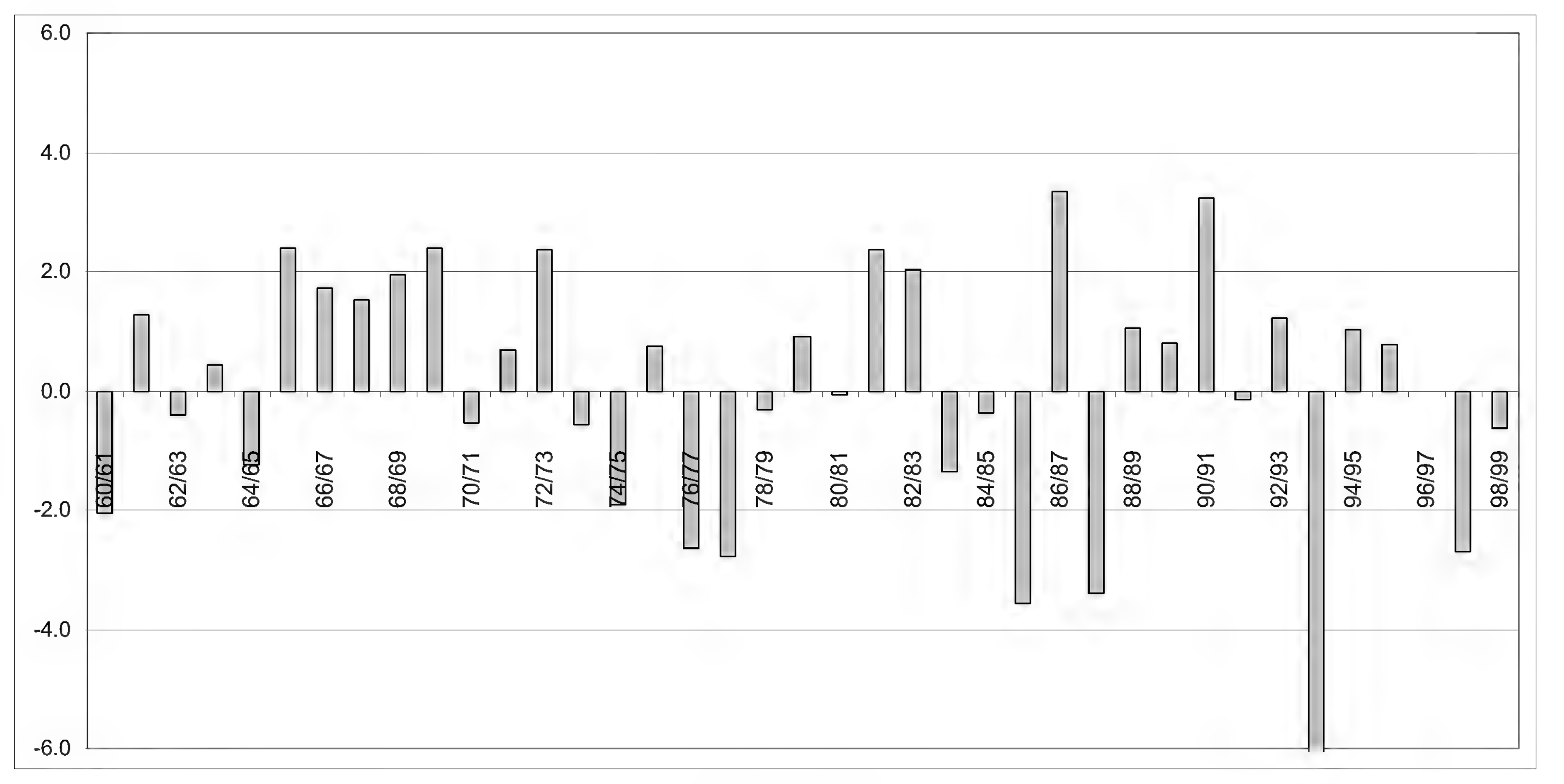
ويمكن الاستدلال على مواسم الجفاف والرطوبة من خلال الجدول رقم (17)، ويعتبر موسم 1993/ 1994 من أكثر المواسم جفافا في محطة اربد، حيث بلغت قرينة] لذلك الموسم (– 6)، ويعد الموسم 1986/ 1987 أكثر المواسم رطوبة حيث بلغت قرينة Palmer (3.3). ويظهر تطبيق مؤشر Palmer للجفاف أن معظم المواسم الجافة تتميز بدرجة جفاف خفيف إلى جفاف متوسط.

جدول رقم (17)

مواسم الجفاف والرطوبة في محطة اربد – قرينة Palmer.

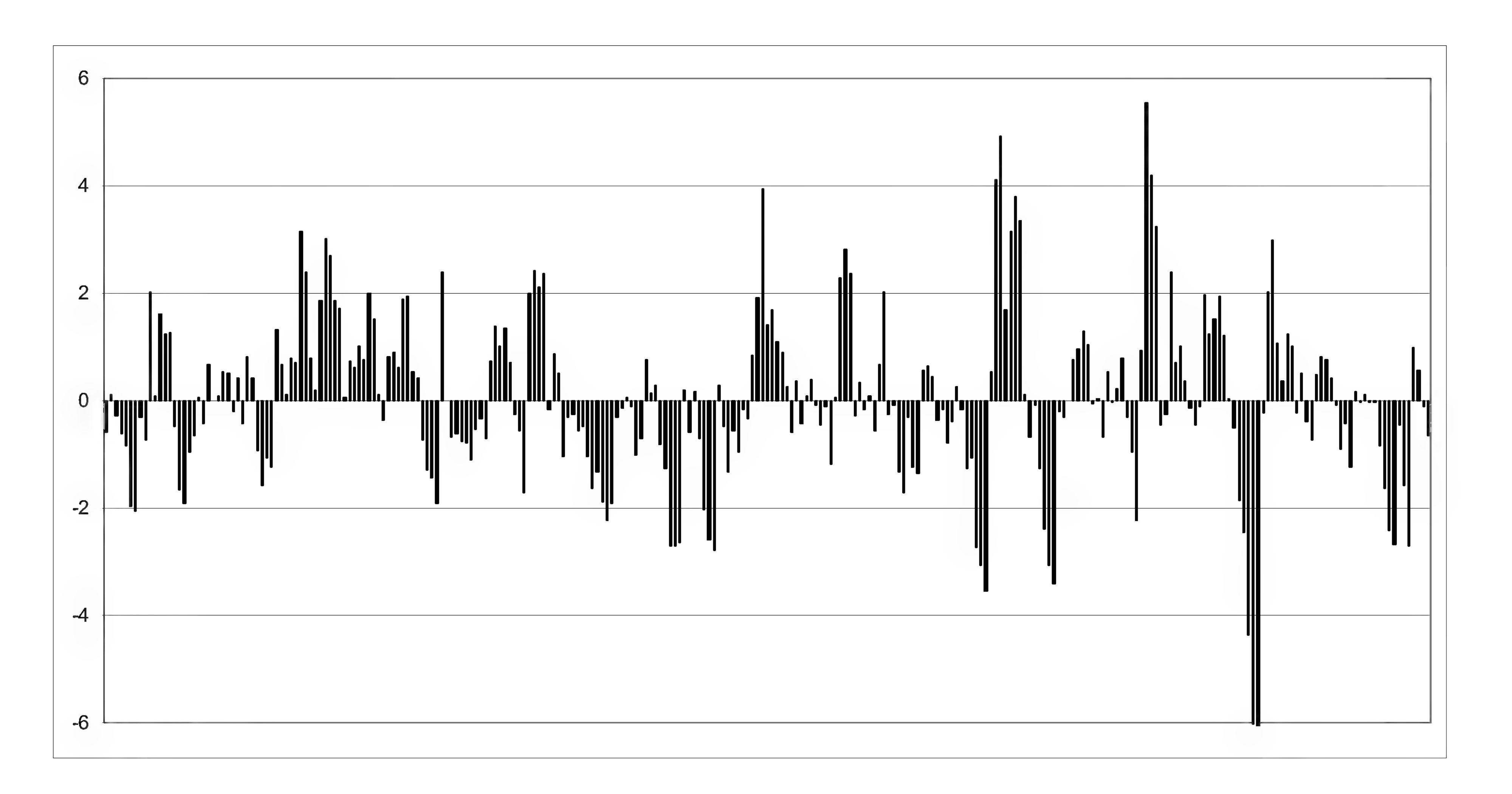
الموسم	المجموع الموسمي للمطر (ملم)	قيمة مؤشر Palmer (لشهر نيسان)	الموسم	المجموع الموسمي للمطر (ملم)	قيمة مؤشر Palmer
1960/1961	345.4	-2.1	1980/1981	504	-0.1
1961/1962	589.9	1.3	1981/1982	589.1	2.4
1962/1963	439.4	-0.4	1982/1983	497.8	2.0
1963/1964	459.8	0.4	**1983/1984**	391.3	-1.3
1964/1965	420.8	-1.2	1984/1985	467.7	-0.4
1965/1966	632.4	2.4	**1985/1986**	333.5	-3.6
1966/1967	613.2	1.7	1986/1987	764	3.3
1967/1968	531.9	1.5	**1987/1988**	307.5	-3.4
1968/1969	582.4	2.0	1988/1989	497.8	1.0
1969/1970	590.3	2.4	1989/1990	468.6	0.8
1970/1971	412.1	-0.5	1990/1991	670.7	3.2
1971/1972	488	0.7	1991/1992	495.6	-0.2
1972/1973	526.4	2.4	1992/1993	550.6	1.2
1973/1974	432	-0.6	**1993/1994**	205.1	-6
1974/1975	368	-1.9	1994/1995	560.9	1.0
1975/1976	459.3	0.7	1995/1996	508.6	0.8
1976/1977	370.7	-2.6	1996/1997	477	0.0
1977/1978	326.6	-2.8	**1997/1998**	342.1	-2.7
1978/1979	467.3	-0.3	**1998/1999**	368.7	-0.6
1979/1980	599.6	0.9			

وتوضح الأشكال (54، 55) قرينة Palmer الشهرية والموسمية في محطة اربد خلال فترة الدراسة (1960 – 1999).



شكل رقم (54)

المواسم الجافة والرطبة في محطة اربد – قرينة Palmer (1960 – 1999).

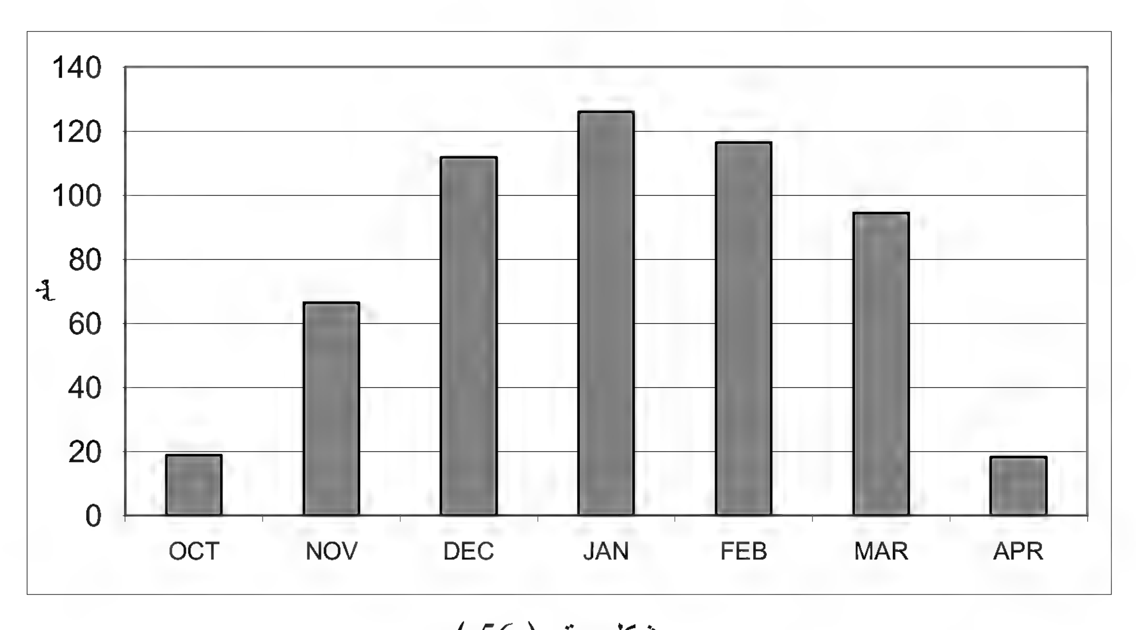


شكل رقم (55)

القرينة الشهرية لــ Palmer في محطة اربد للفترة (1960 – 1999).

2.1.5 محطة رأس منيف

تتلقى محطة رأس منيف معدلات هطول عالية مقارنة مع بقية المحطـــات فـــي الأردن، إذ يبلغ معدل الهطول السنوي فيها (570 ملم)، كما يقل تفاوت الهطـــول الشهري خلال فصل الشتاء مقارنة مع بقية المحطات المناخية فـــي الأردن بـــشكل عام، ويظهر الشكل (56) معدل الهطول الشهري في محطة رأس منيف.



شكل رقم (56)

المعدل الشهري للهطول في محطة رأس منيف (1977 – 1999).

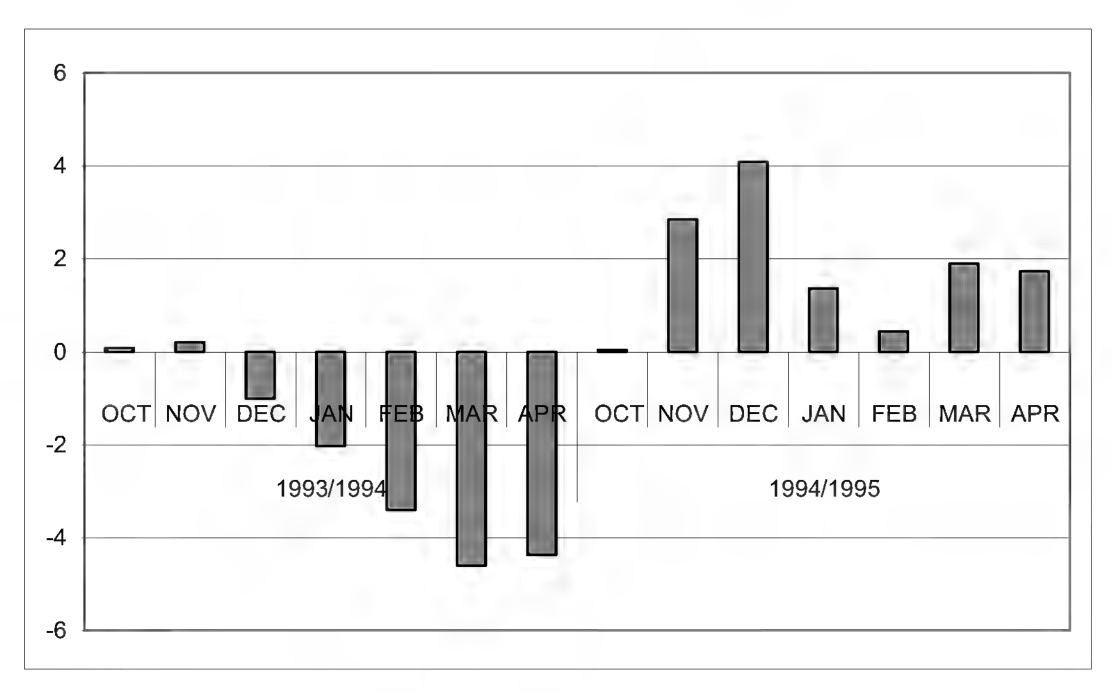
وتظهر تحليلات بيانات محطة رأس منيف حساسية ضعيفة لظروف الجفـــاف، وتبين تطبيقات قرينة Palmer على بيانـــات المحطـــة للفتـــرة (1977 – 1999) تمحور قيم المؤشر حول الظروف المعتادة للمنطقة، انظر الجدول رقم (18). بلغ عدد أشهر الدراسة (154) شهرا منها (56) شهراً جافاً أي ما نسبته 36% مـــن أشهر الدراسة والباقية تتمحور قيمها حول المعدل كما يميل بعضها نحو الرطوبة.

جدول رقم (18)

مواسم الجفاف والرطوبة في محطة راس منيف – قرينة Palmer.

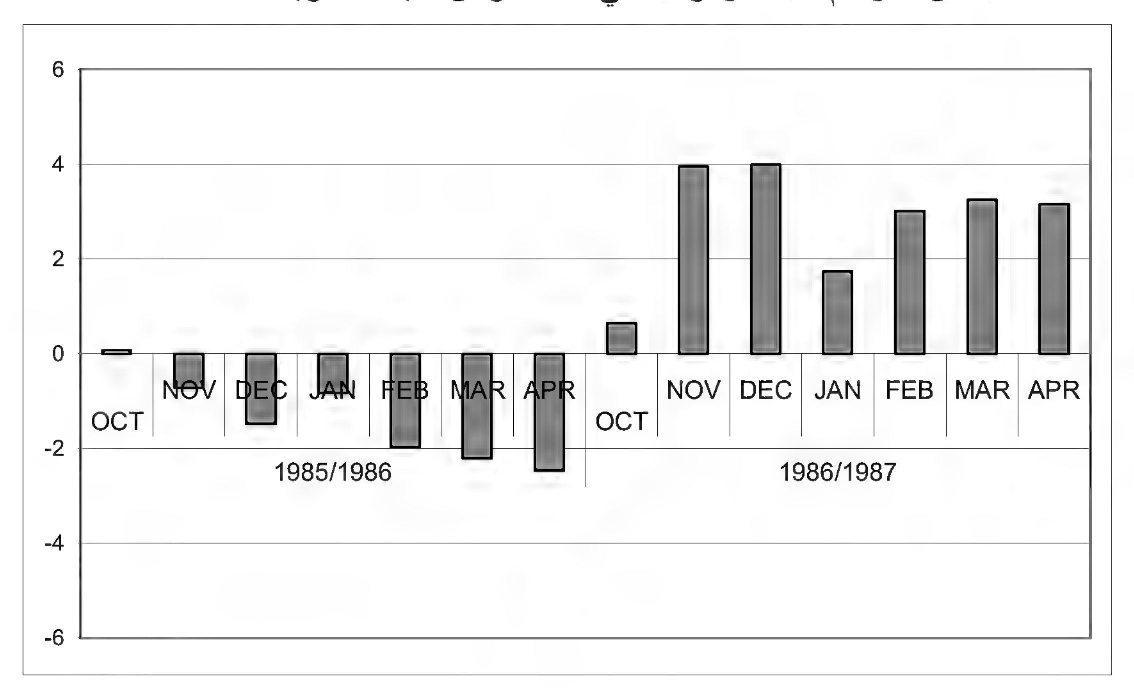
الموسم	المجموع الموسمي للمطر (ملم)	قيمة مؤشر Palmer (لشهر نيسان)	الموسم	المجموع الموسمي للمطر (ملم)	قيمة مؤشر Palmer
1977/1978	371.3	-2.5	1988/1989	609.2	0.9
1978/1979	432	-1.5	1989/1990	606.2	1.7
1979/1980	669.6	0.4	1990/1991	758.5	2.8
1980/1981	563.9	0.2	1991/1992	754	0.3
1981/1982	565.4	0.7	1992/1993	743.6	2.0
1982/1983	451.3	0.4	**1993/1994**	315	-4.4
1983/1984	448.9	-1.9	1994/1995	800.4	1.7
1984/1985	480.5	-1.4	1995/1996	645.8	1.5
1985/1986	393.2	-2.5	1996/1997	613	1.4
1986/1987	879.2	3.2	**1997/1998**	523.3	-0.7
1987/1988	389.5	-2.0	1998/1999	547.6	0.7

وقد حدثت سنوات جفاف شديدة مثل الموسم 1993/ 1994 ومواسم رطبة مثل الموسم 1986/ 1987، وفي بعض المواسم نجد تطرفاً ملفتا للنظر في قرينة Palmer لبعض الأشهر. الأشكال (57 ، 58).



شكل رقم (57)

بعض المواسم الجافة والرطبة في محطة رأس منيف – قرينة Palmer.



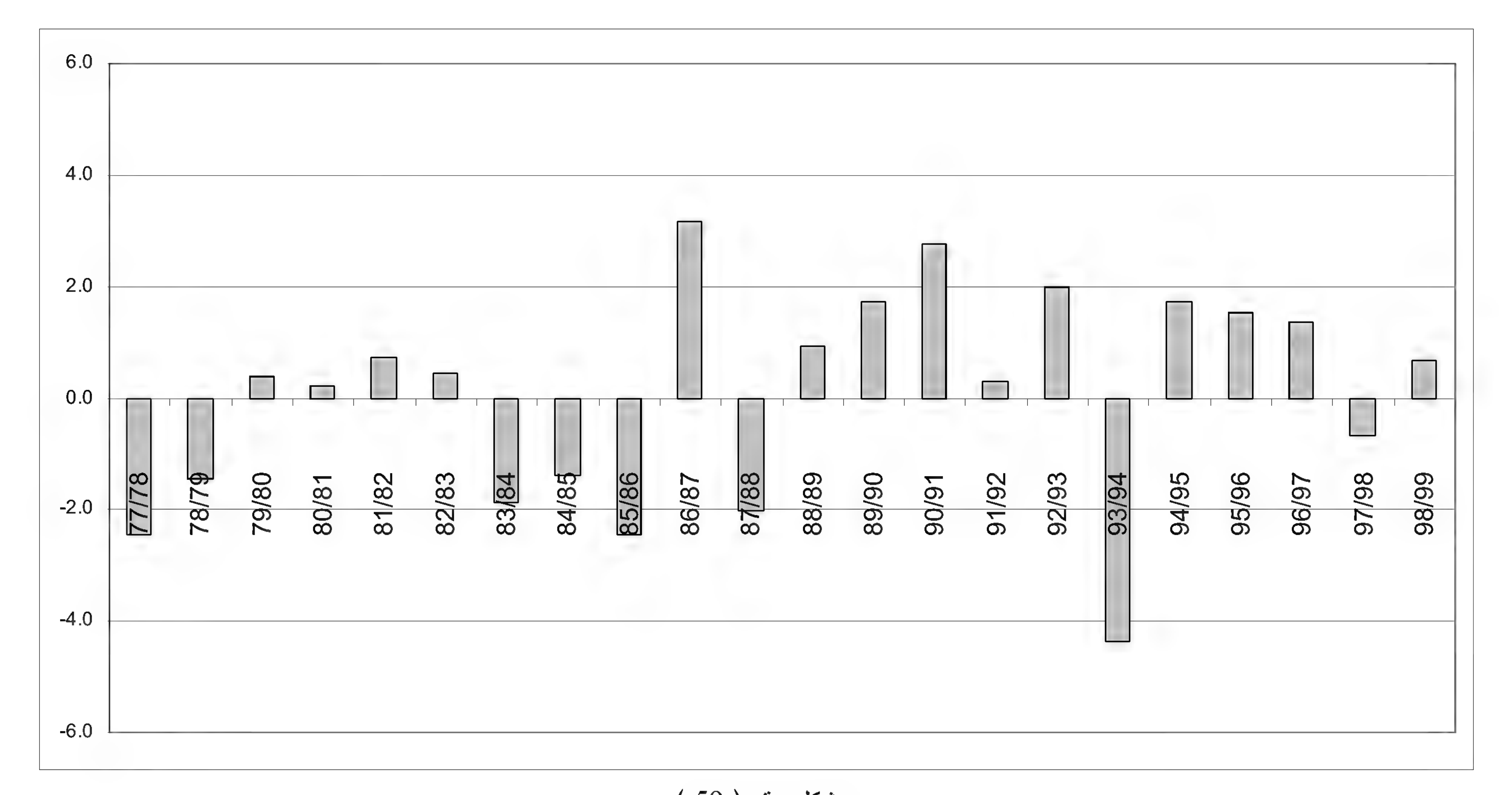
شكل رقم (58)

بعض المواسم الجافة والرطبة في محطة راس منيف – قرينة Palmer.

ومن المواسم الجافة جدا في محطة رأس منيف الموسم 1993/ 1994 حيث بلغت قرينة Palmer بنهاية شهر نيسان (– 4.4)، أما القرينة الشهرية لأشهر الشتاء في ذلك الموسم فقد انخفضت بشكل كبير، وكانت لشهر كانون الثاني

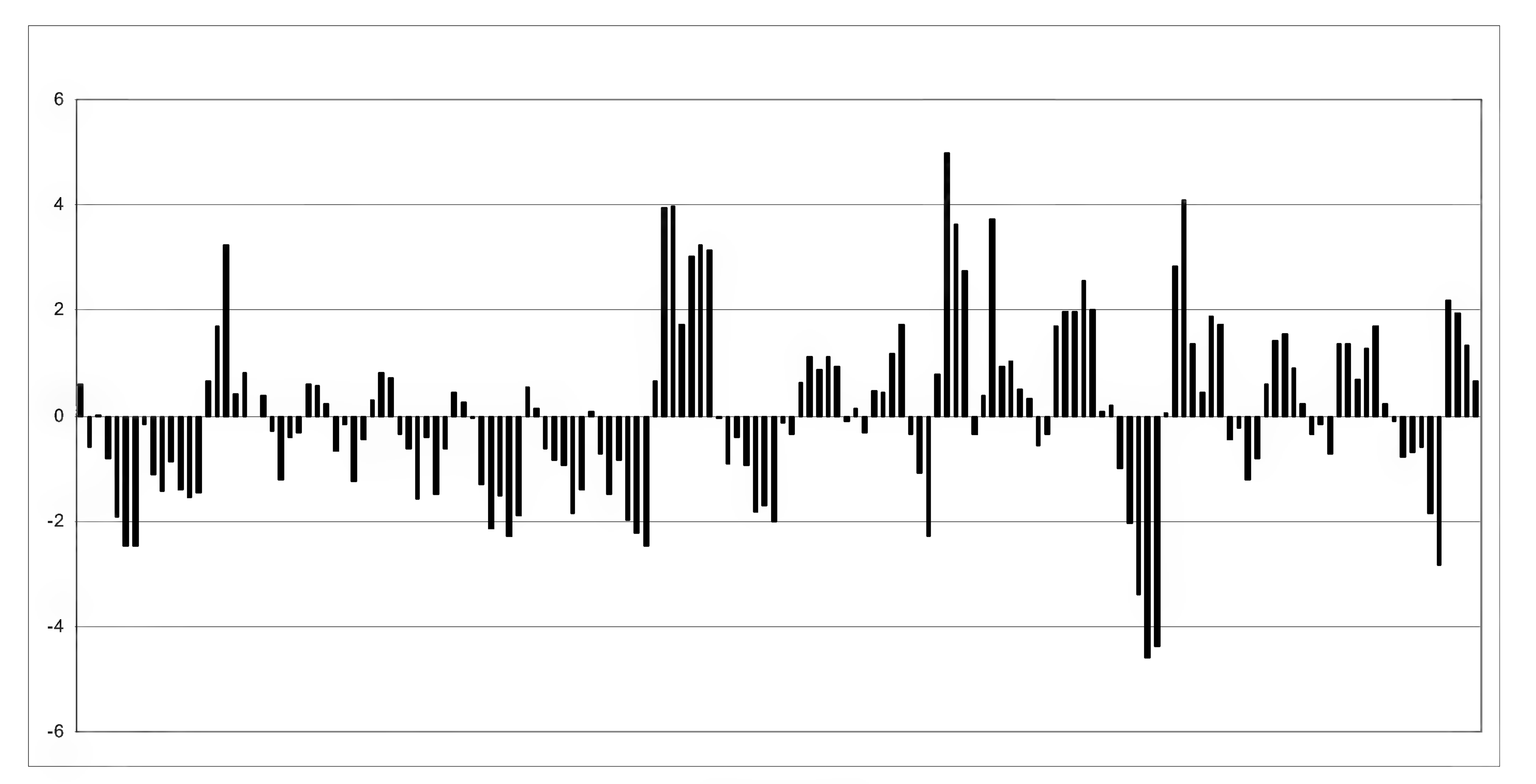
(– 2.03) ولشهر شباط (– 3.4) ولشهر آذار (– 4.6). وقد انخفض الهطول المطري في تلك الأشهر حيث بلغ على التوالي (27.7، 80.2، 51.7 ملم).

وتظهر الأشكال (59، 60) قرينة Palmer الموسمية والشهرية لجميع مواسم الدراسة في محطة رأس منيف.



شكل رقم (59)

المواسم الجافة والرطبة في محطة راس منيف – قرينة Palmer (1977 – 1999).

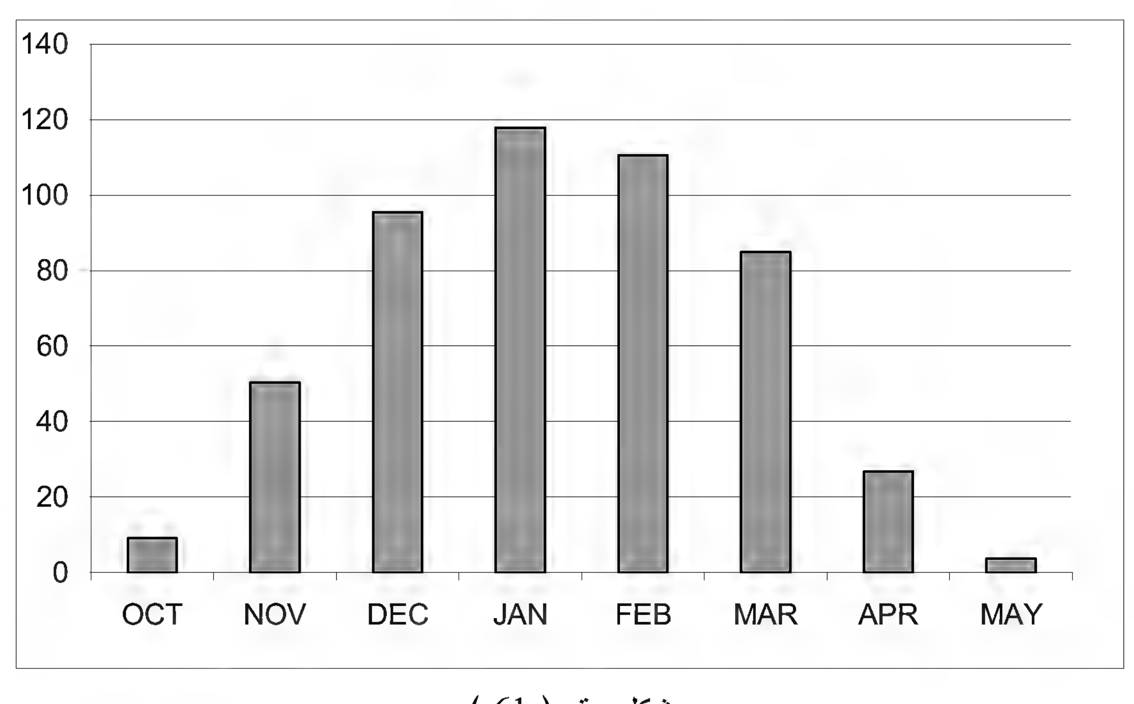


شكل رقم (60)

القرينة الشهرية لـــ Palmer في محطة رأس منيف (1977 – 1999).

3.1.5 محطة الجامعة الأردنية

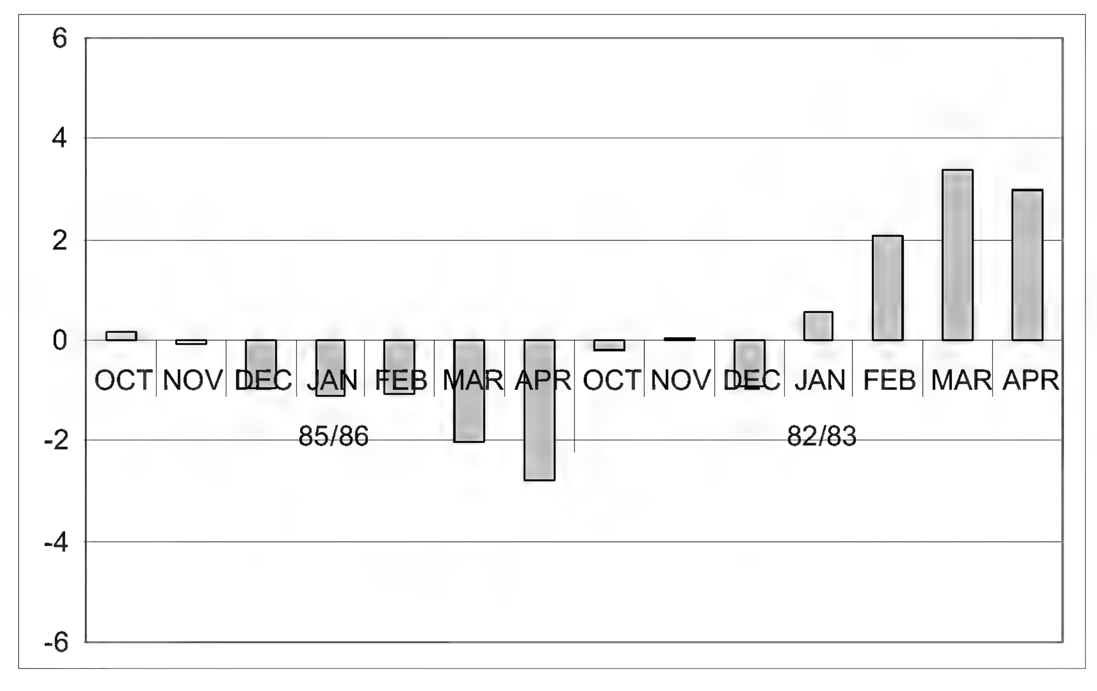
يبلغ معدل الهطول السنوي في محطة الجامعة الأردنية 480 ملم / سنوياً، أما الهطول الشهري فيتركز معظمه في أشهر كانون أول وكانون ثاني وشباط وآذار (انظر الشكل، 61).



شكل رقم (61)

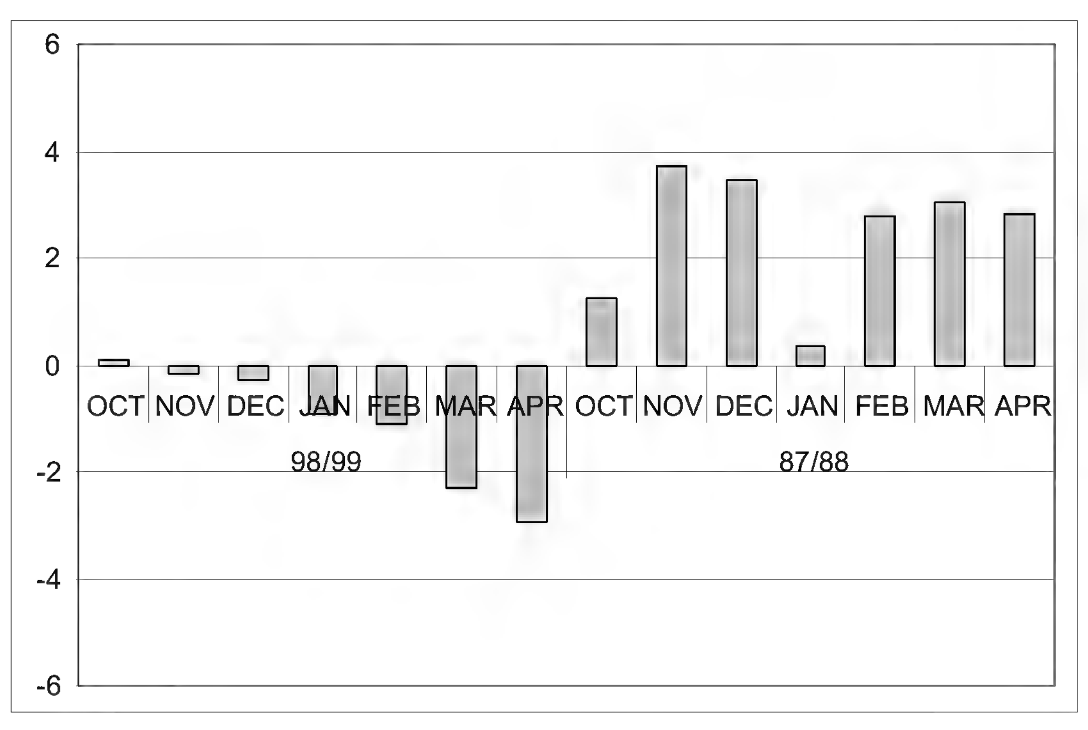
معدل الهطول الشهري في محطة الجامعة الأردنية (1970 – 1999).

وبتطبيق قرينة Palmer على البيانات المناخية (الأمطار والحرارة) في محطة الجامعة الأردنية للفترة (1970 – 1999) بلغ عدد أشهر الدراسة (203) منها (66) شهراً جافاً وفق قرينة Palmer أي ما نسبته 33% من أشهر الدراسة. ويعد الموسم 1994/ 1995 من المواسم الجافة، فقد بلغت قرينة Palmer لذلك الموسم (– 4.5) إلا أن المحطة لم تسجل أي سنة من سنوات الجفاف الشديد جداً خلال الفترة المدروسة. ويعتبر الموسم 1970/ 1971 من المواسم الرطبة في محطة الجامعة الأردنية حيث بلغت القرينة (4.2). أنظر الأشكال (62، 63).



شكل رقم (62)

بعض المواسم الجافة والرطبة في محطة الجامعة الأردنية – قرينة Palmer.



شكل رقم (63)

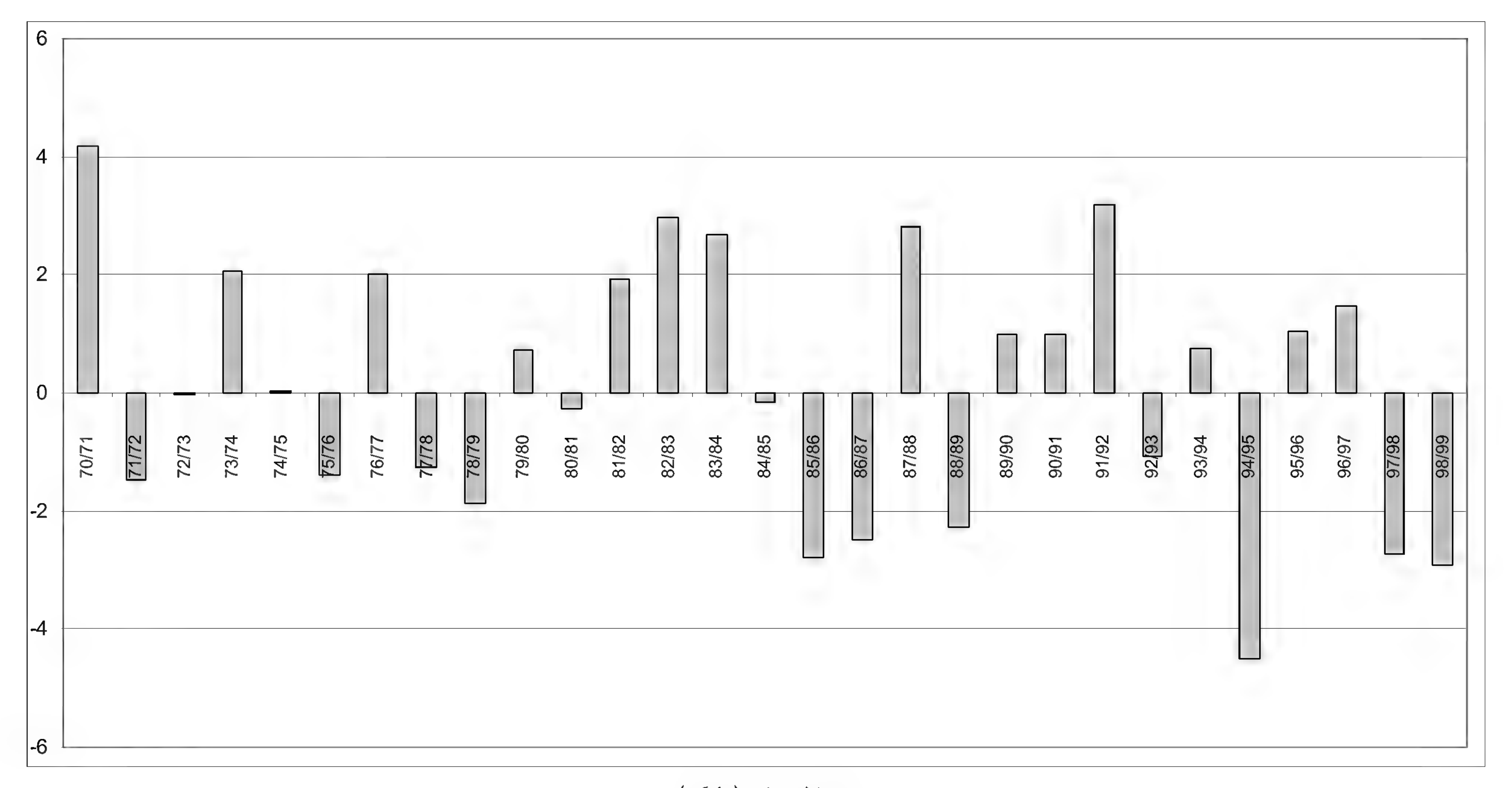
بعض المواسم الجافة والرطبة في محطة الجامعة الأردنية – قرينة Palmer.

جدول رقم (19)

مواسم الجفاف والرطوبة في محطة الجامعة الأردنية – قرينة Palmer

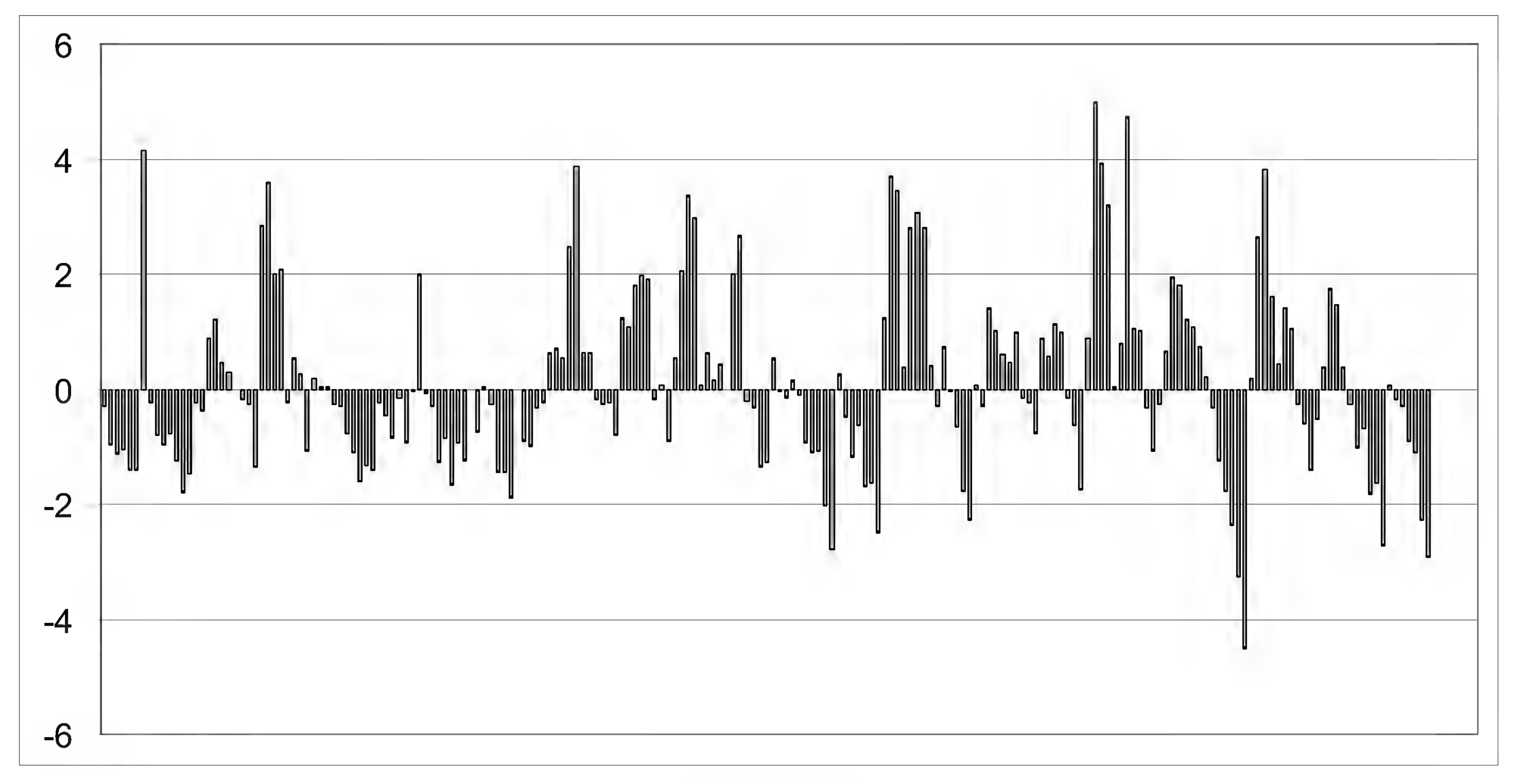
الموسم	المجموع الموسمي للمطر (ملم)	قيمة مؤشر Palmer (لشهر نيسان)	الموسم	المجموع الموسمي للمطر (ملم)	قيمة مؤشر Palmer
1970/1971	582.1	4.2	**1985/1986**	321.1	-2.8
1971/1972	356.5	-1.5	**1986/1987**	293.9	-2.5
1972/1973	494.8	0.0	1987/1988	782.4	2.8
1973/1974	619.6	2.1	**1988/1989**	370.6	-2.3
1974/1975	462.4	0.0	1989/1990	611.9	1.0
1975/1976	348.3	-1.4	1990/1991	514.1	1.0
1976/1977	474.3	2.0	1991/1992	687.4	3.2
1977/1978	339.5	-1.3	**1992/1993**	559.1	-1.1
1978/1979	361.5	-1.9	1993/1994	380.7	0.7
1979/1980	486.2	0.7	**1994/1995**	226.5	-4.5
1980/1981	629.1	-0.3	1995/1996	569.3	1.1
1981/1982	670.1	1.9	1996/1997	566	1.5
1982/1983	613	3.0	**1997/1998**	378.5	-2.7
1983/1984	559.6	2.7	**1998/1999**	368	-2.9
1984/1985	437.1	-0.2			

ويظهر الشكل (64) مواسم الجفاف والرطوبة في محطة الجامعة الأردنية خلال فترة الدراسة، فقد بلغت المواسم الجافة (11) من (29) موسم أي ما نسبته 38 % من مواسم الدراسة، ويبين الشكل (65) الأشهر الجافة والرطبة في تلك المحطة لنفس فترة الدراسة.



شكل رقم (64)

المواسم الجافة والرطبة في محطة الجامعة الأردنية - قرينة Palmer (1970 – 1999).

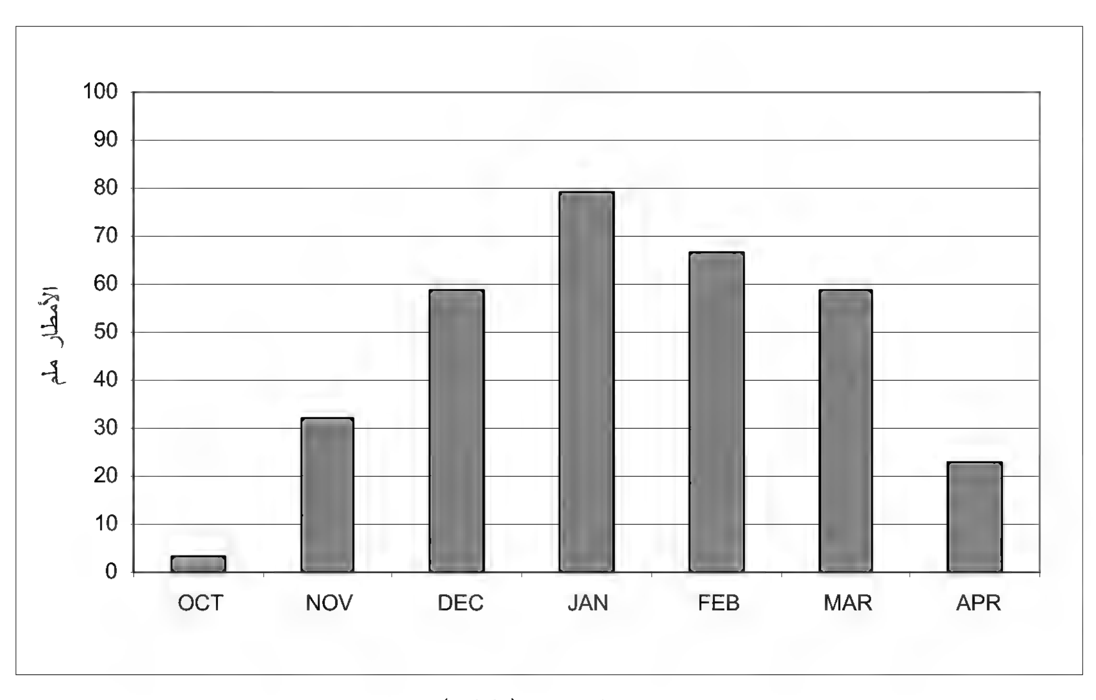


شكل رقم (65)

القرينة الشهرية لــ Palmer في محطة الجامعة الأردنية (1970 – 1999).

4.1.5 محطة الربة

يبلغ معدل الهطول السنوي في محطة الربة (322.8 ملــم)، ويتــدنى معــدل الهطول الشهري خلال الموسم المطري إلى أقل من (80 ملــم). ويبيــن الــشكل (66) معدل الهطول الشهري في محطة الربة للفترة (1967 – 1999).

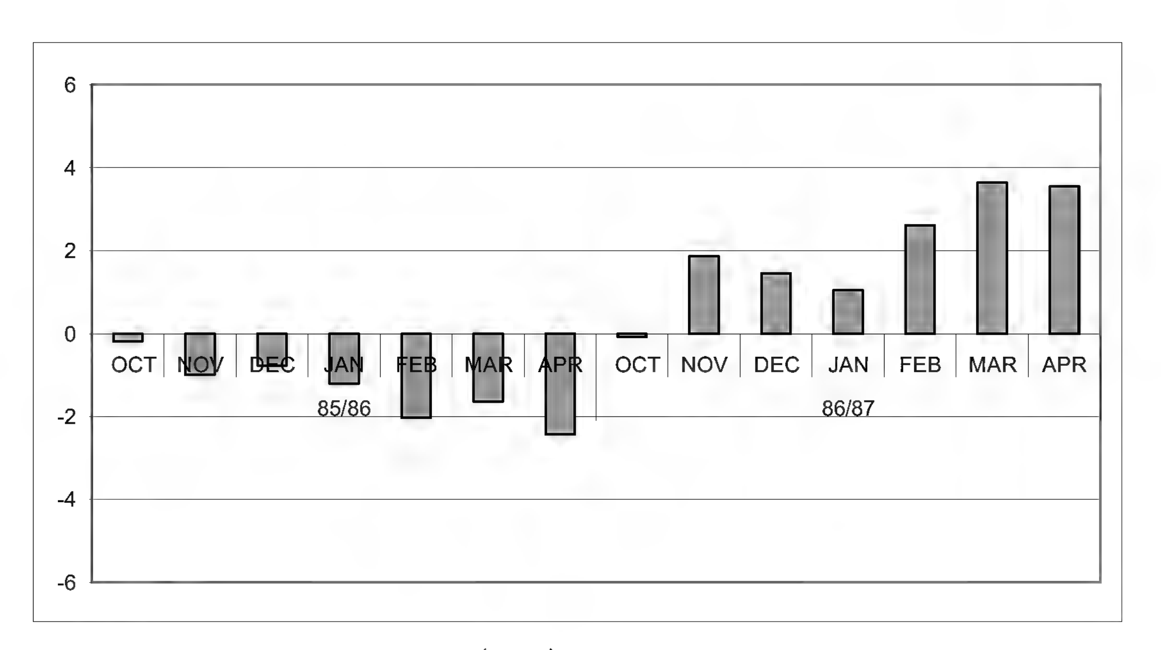


شكل رقم (66)

المعدل الشهري للهطول في محطة الربة (1967 – 1999).

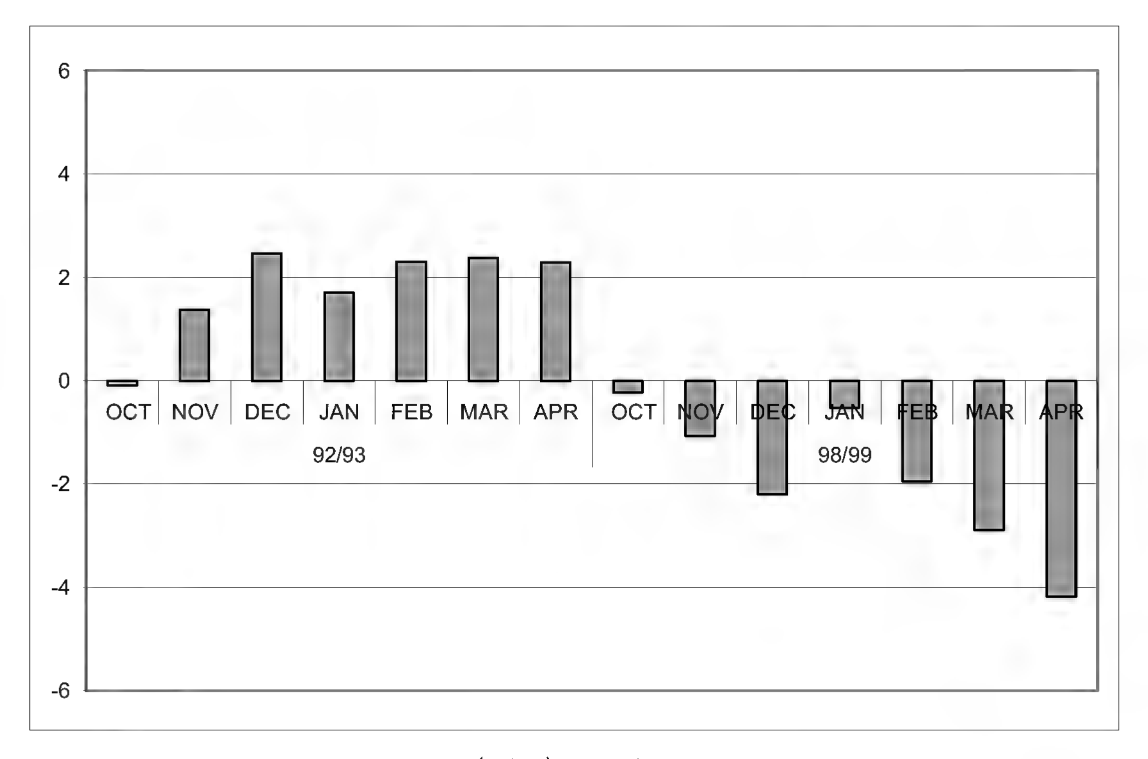
تم تطبيق قرينة Palmer على بيانات المحطة للفترة مــن (1967 – 1999) وبلغ عدد المواسم الجافة (13) موسم من (32) موسماً شملتها الدراسة. ومن هذه المواسم الجافة الموسم 1999/1998 ؛ فقد بلغــت قرينــة Palmer لهــذا الموســم (– 4.2). وتبين الأشكال (67 ، 68) بعض المواسم الجافة والرطبة في محطــة الربة. أما الشكل (69) فيبين مواسم الجفاف والرطوبة في المحطة المذكورة.

أما عدد اشهر الدراسة فكان (224) منها (78) شهراً جافاً أي مــا نــسبته 35%. وأظهرت بعض الأشهر حساسية مفرطة للجفاف مثل شهر نيسان في الموسم 1994/1993 حيث بلغت قرينة Palmer لذلك الشهر (– 4.4). ويوضح الــشكل (70) الأشهر الجافة والرطبة في محطة الربة خلال فترة الدراسة.



شكل رقم (67)

بعض المواسم الجافة والرطبة في محطة الربة – قرينة Palmer.



شكل رقم (68)

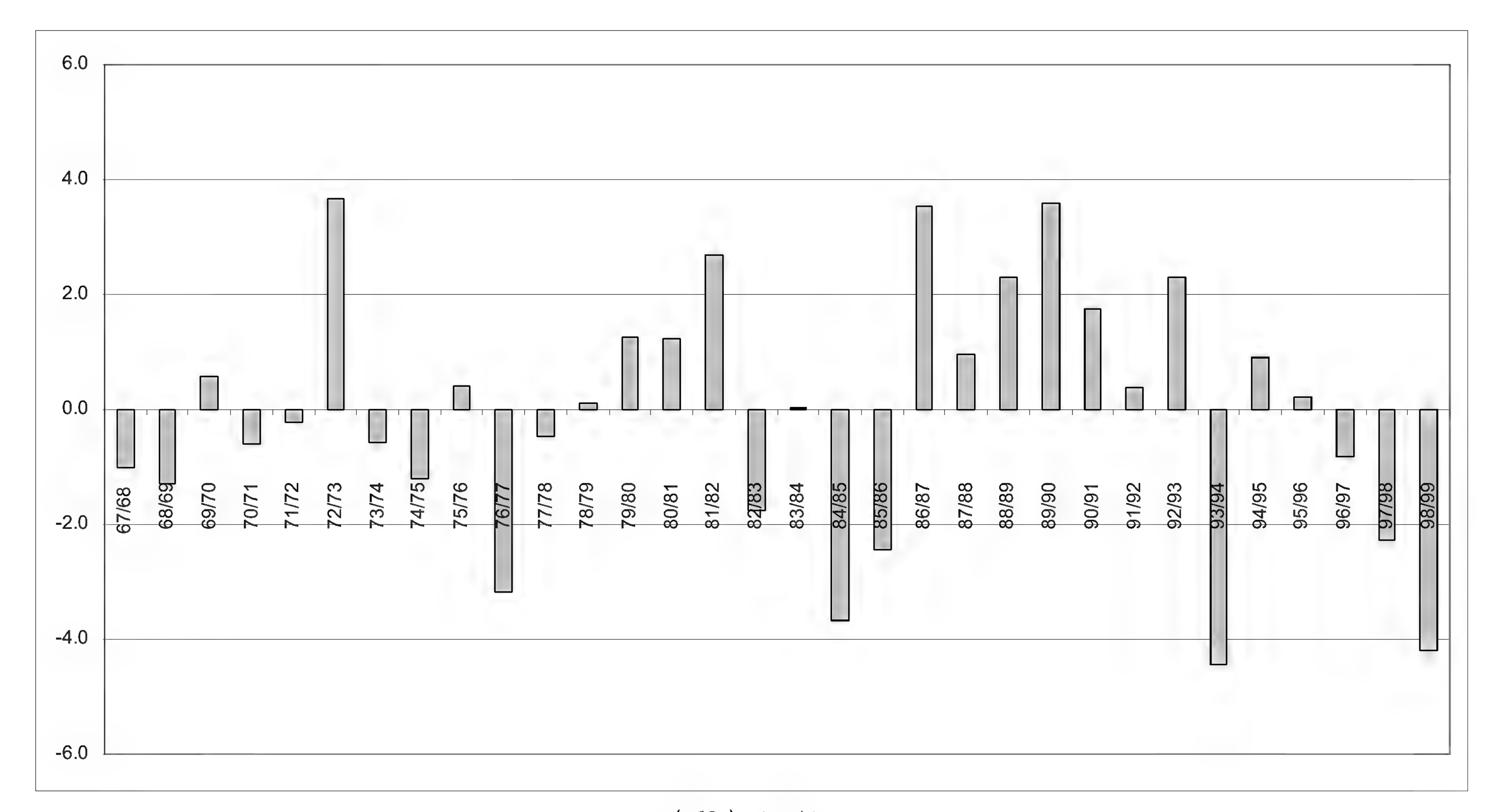
بعض المواسم الجافة والرطبة في محطة الربة – قرينة Palmer.

جدول رقم (20)

مواسم الجفاف والرطوبة في محطة الربة – قرينة Palmer.

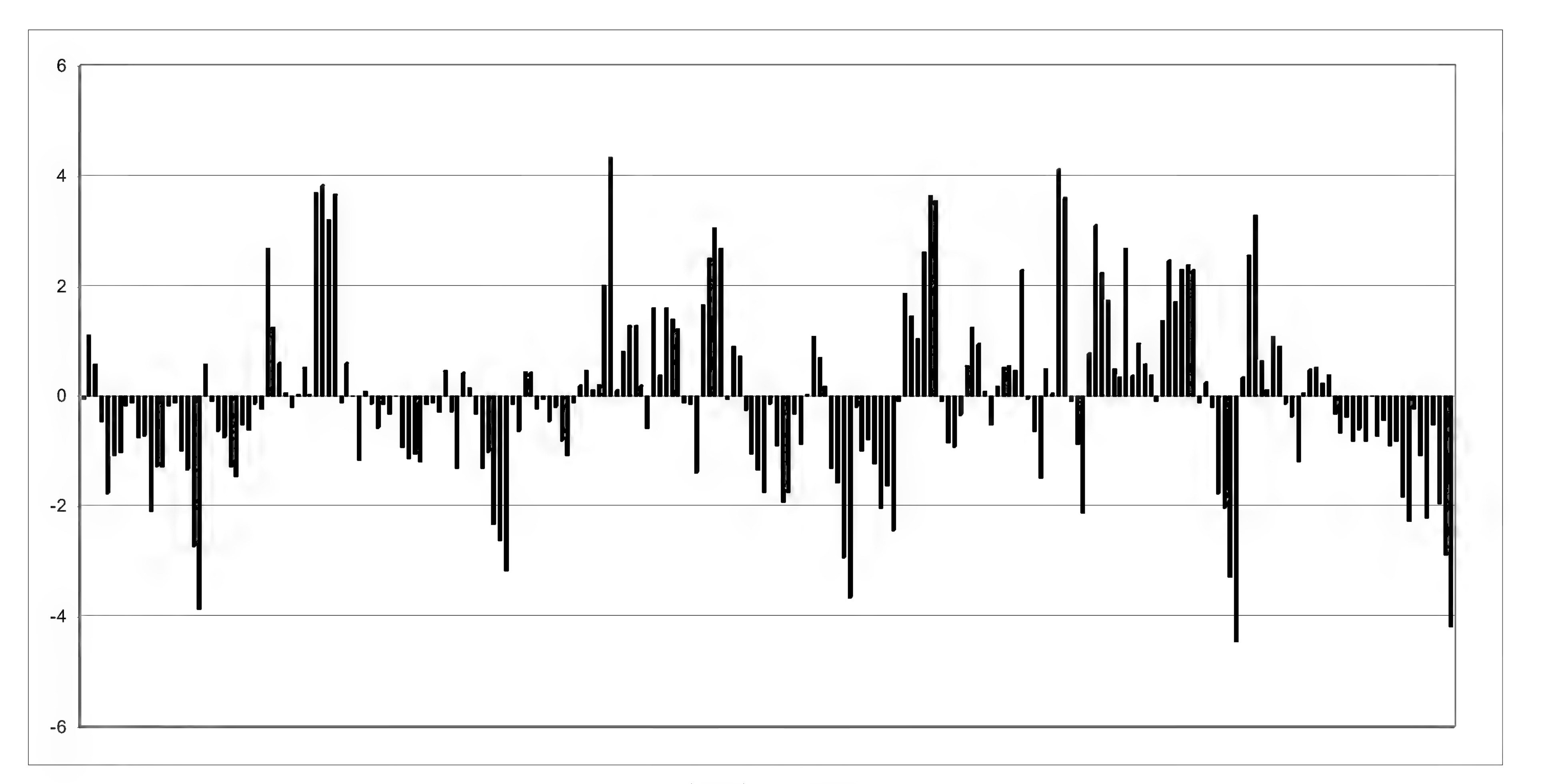
الموسم	المجموع الموسمي للمطر (ملم)	قيمة مؤشر Palmer (لشهر نيسان)	الموسم	المجموع الموسمي للمطر (ملم)	قيمة مؤشر Palmer
1967/1968	293.2	-1.0	1983/1984	271.4	0.0
1968/1969	278.1	-1.3	**1984/1985**	204.3	-3.7
1969/1970	379.8	0.6	**1985/1986**	215.8	-2.4
1970/1971	286.2	-0.6	1986/1987	522.6	3.5
1971/1972	359.1	-0.2	1987/1988	325.5	1.0
1972/1973	517.2	3.7	1988/1989	386.9	2.3
1973/1974	300.8	-0.6	1989/1990	425.3	3.6
1974/1975	270	-1.2	1990/1991	357.2	1.7
1975/1976	323.9	0.4	1991/1992	364.3	0.4
1976/1977	165.6	-3.2	1992/1993	474	2.3
1977/1978	319.6	-0.4	**1993/1994**	175.8	-4.4
1978/1979	320.7	0.1	1994/1995	428	0.9
1979/1980	485	1.3	1995/1996	299.1	0.2
1980/1981	414.4	1.2	**1996/1997**	259.4	-0.8
1981/1982	392.2	2.7	**1997/1998**	215.3	-2.3
1982/1983	221.5	-1.7	**1998/1999**	123	-4.2

ويبين الجدول رقم (20) المواسم الجافة والرطبة في محطة الربة، ومن خلال استعراض قيم مؤشر الجفاف لـــ Palmer نجد أن المنطقة تعرضت لمواسم شديدة الجفاف على سبيل المثال الموسم 1994/1993 حيث بلغت القرينة (– 4.4).



شكل رقم (69)

المواسم الجافة والرطبة في محطة الربة – قرينة Palmer (1967 – 1999).

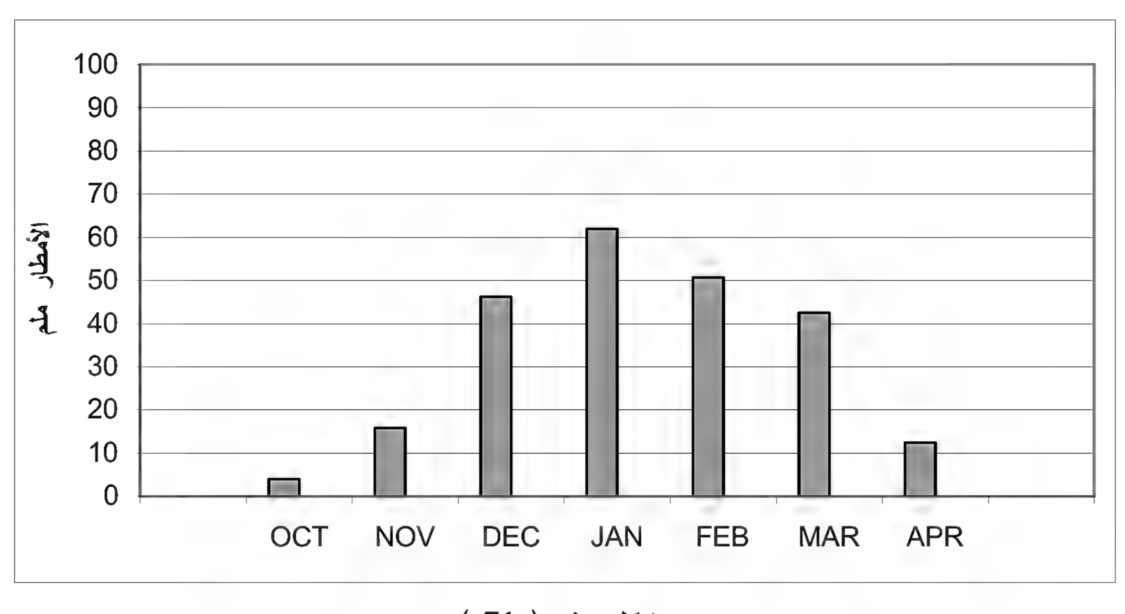


شكل رقم (70)

القرينة الشهرية لـــ Palmer في محطة الربة (1967 – 1999).

5.1.5 محطة الطفيلة

تظهر عناصر المناخ في مرتفعات الطفيلة حساسية مفرطة لظروف الجفـــاف، مما يجعل الإعتمادية على الظروف المناخية في الإنتاج الزراعي محفوفة بمخـــاطر الجفاف في تلك المنطقة، ويتغير الهطول المطري بشكل كبير من موسم إلى آخر، إذ يزيد معامل الاختلاف للأمطار في محطة الطفيلة عن 60 %. ويبين الـــشكل(71) معدل الهطول الشهري في محطة الطفيلة.



شكل رقم (71)

المعدل الشهري للهطول في محطة الطفيلة (1973 – 2000).

ويتضح من الشكل السابق أن معدل الهطول في محطـــة الطفيلـــة لا يتجـــاوز 60 ملم في أكثر الشهور رطوبة وهو شهر كانون ثاني. وهذا يعنـــي أن التهطـــال قليل جداً مقارنة مع بقية محطات الدراسة في إقليم المرتفعات.

تم تحليل البيانات المناخية في محطة الطفيلة/ الحسن وفق قرينة Palmer للفترة من عام 1973 – 2000 وأظهرت النتائج أن المنطقة تعرضت لسلسلة من ســـنوات الجفاف خلال الفترة المدروسة بحيث بلغ عدد المواسم الجافة (13) مـــن مواســـم الدراسة والتي عددها (27) موسم، أي أن نسبة المواسم الجافة خلال فترة الدراسة

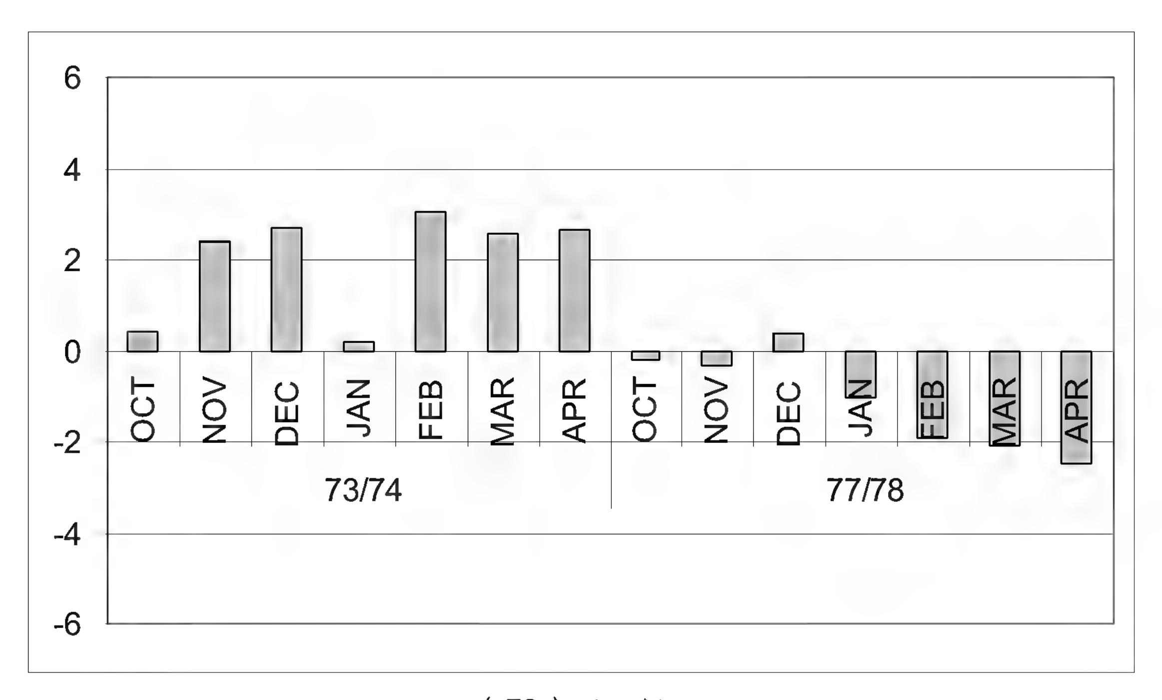
(48%). وهذا يعني أن سنوات الجفاف تتكرر بمعدل أكبر في محطـــة الطفيلـــة مقارنة مع بقية محطات الدراسة. انظر الجدول رقم (21).

جدول رقم (21)

مواسم الجفاف والرطوبة في محطة الطفيلة – قرينة Palmer.

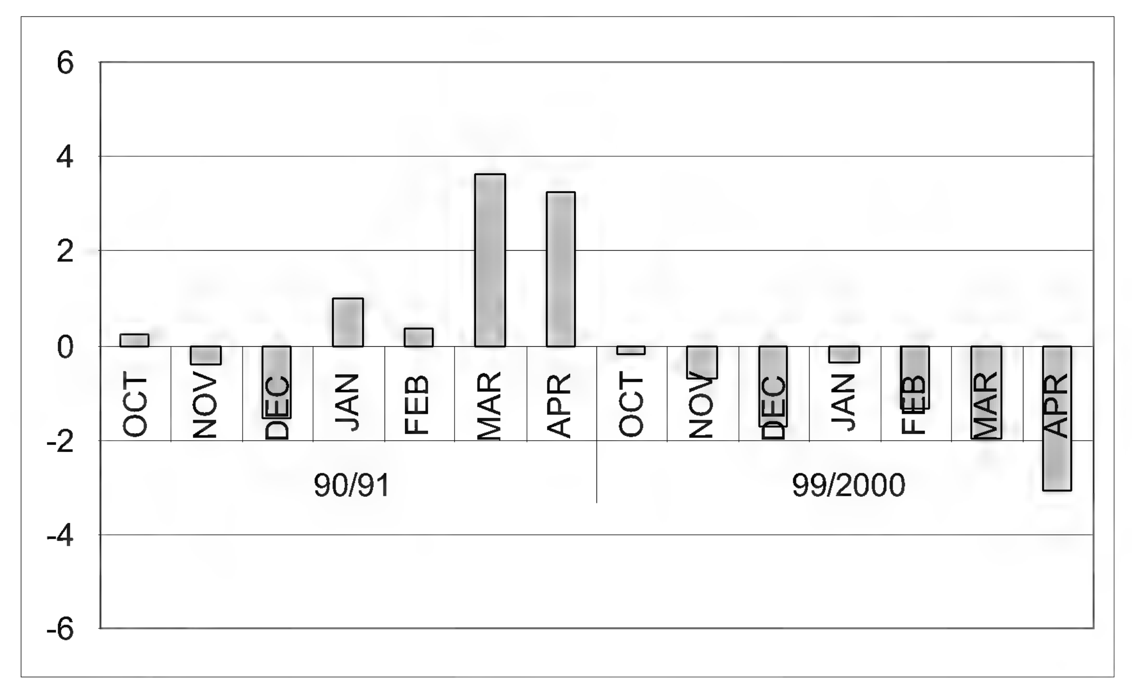
الموسم	المجموع الموسمي للمطر (ملم)	قيمة مؤشر Palmer (لشهر نيسان)	الموسم	المجموع الموسمي للمطر (ملم)	قيمة مؤشر Palmer (لشهر نيسان)
1973/1974	781.5	3.9	1987/1988	328.2	3.0
1974/1975	422.5	2.8	**1988/1989**	227.1	-0.5
1975/1976	109.5	-1.9	1989/1990	156.5	-0.1
1976/1977	195.7	-0.1	1990/1991	326	3.3
1977/1978	152.5	-2.5	1991/1992	294.7	1.6
1978/1979	176.1	-1.5	**1992/1993**	159.9	-2.2
1979/1980	357.5	1.3	1993/1994	218.3	-0.2
1980/1981	277	-0.2	**1994/1995**	286.6	-1.3
1981/1982	171.9	-0.8	1995/1996	177.4	-0.1
1982/1983	283.5	1.6	1996/1997	221.3	0.6
1983/1984	129.5	-1.6	**1997/1998**	201.1	-0.7
1984/1985	222.6	-0.2	**1998/1999**	129.4	-2.0
1985/1986	219.1	-1.3	**1999/2000**	85	-3.1
1986/1987	124.7	-2.5			

وتظهر الأشكال (72، 73) بعض المواسم الجافة والرطبة في محطة الطفيلة.



شكل رقم (72)

بعض المواسم الجافة والرطبة في محطة الطفيلة – قرينة Palmer.

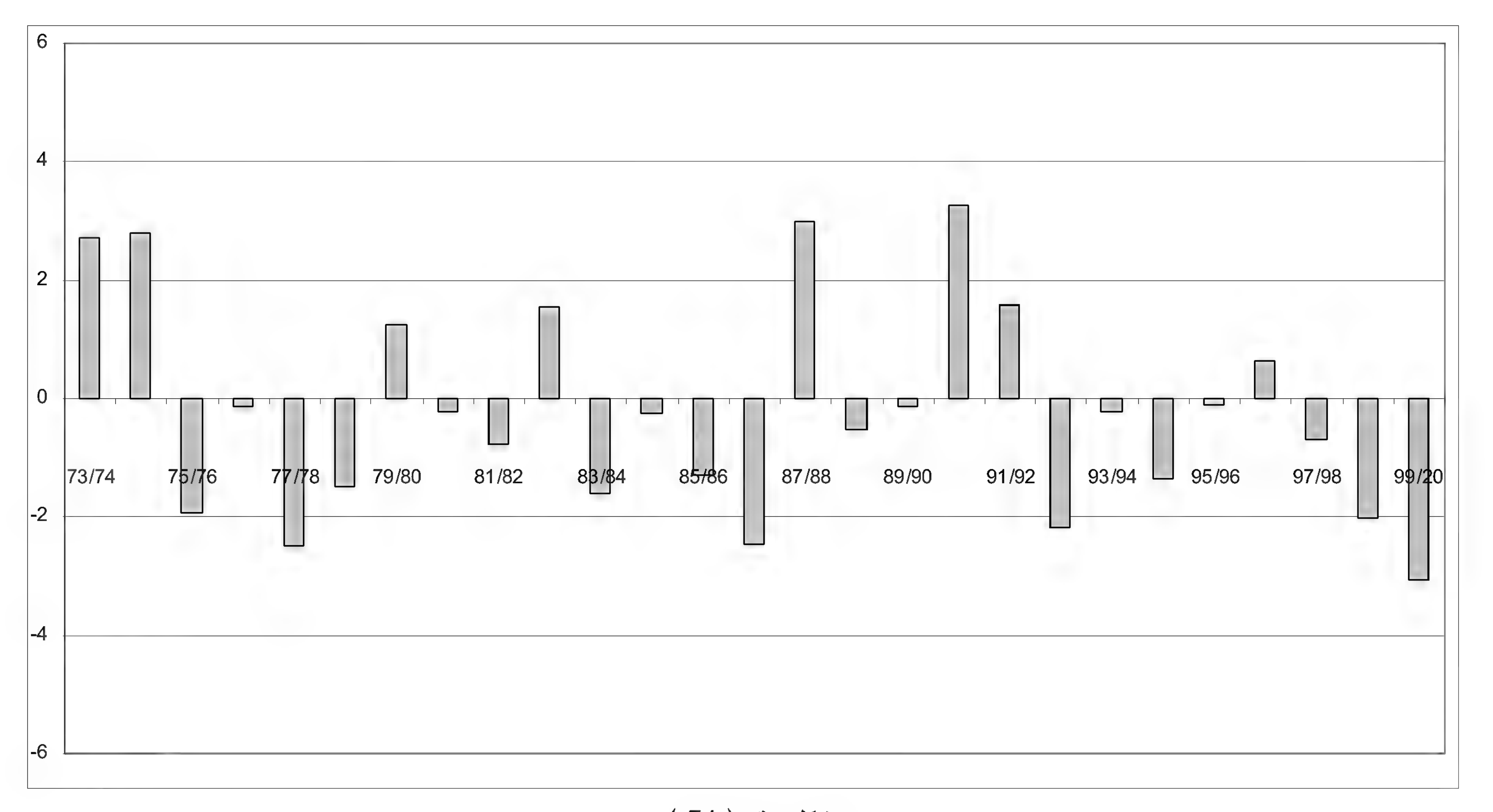


شكل رقم (73)

بعض المواسم الجافة والرطبة في محطة الطفيلة – قرينة Palmer.

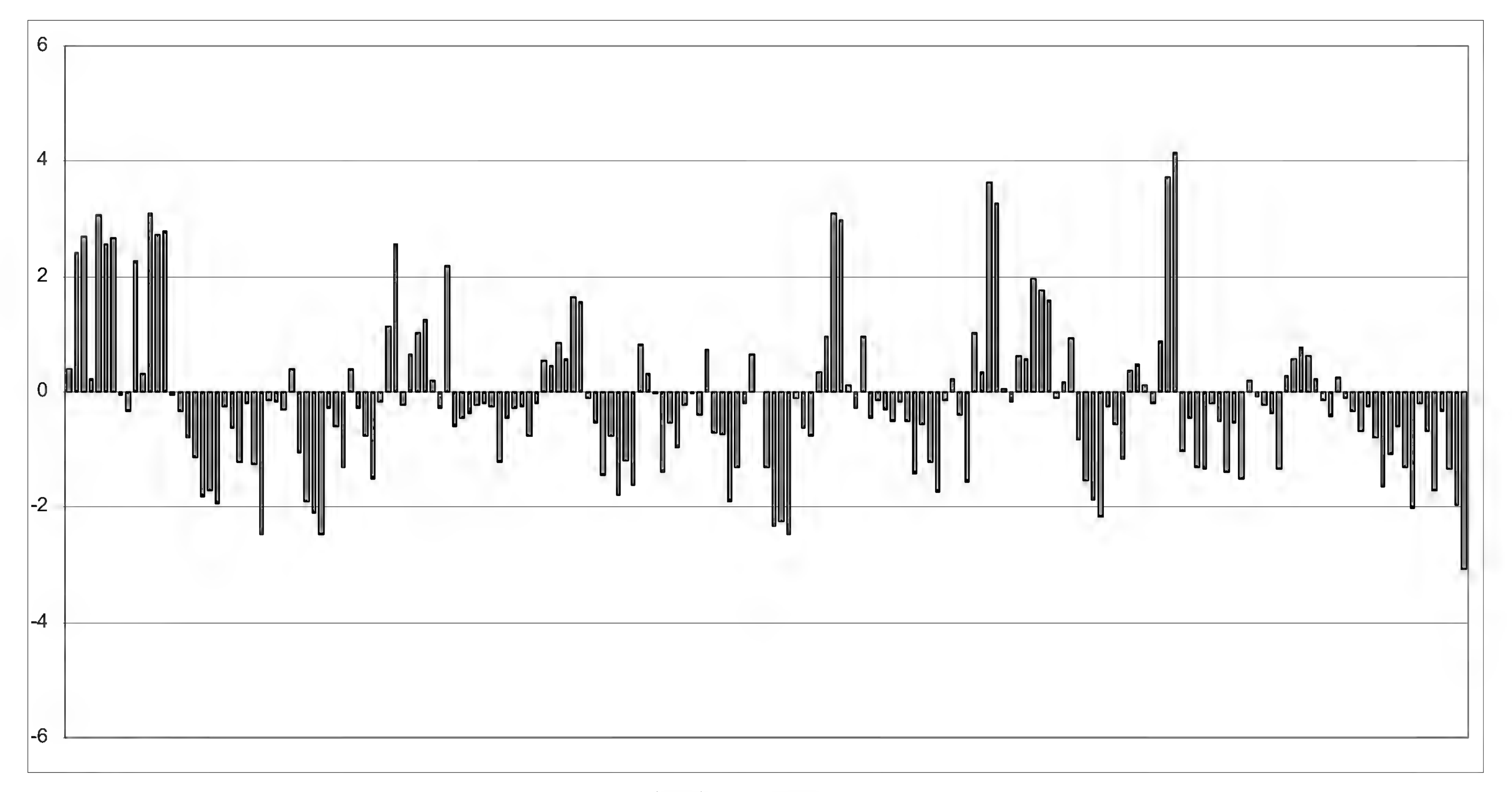
ويظهر الشكل (74) أهم مواسم الجفاف التي تعرضت لها المنطقة، ويعد الموسم 2000/1999 من اكثر المواسم جفافا في محافظة الطفيلة؛ حيث بلغت القرينة

(– 3.1). وبالنظر إلى قرينة Palmer الشهرية لجميع سنوات الدراسة نلاحظ أن عدد الأشهر الجافة وصل إلى (73) شهراً من أشـــهر الدراســـة والتـــي عـــددها (189) أي ما نسبته 39%. أنظر الشكل (75). ويدل ذلك على حساسية المنـــاخ المفرطة لظروف الجفاف في المنطقة.



شكل رقم (74)

المواسم الجافة والرطبة في محطة الطفيلة – قرينة Palmer (1973 – 2000).



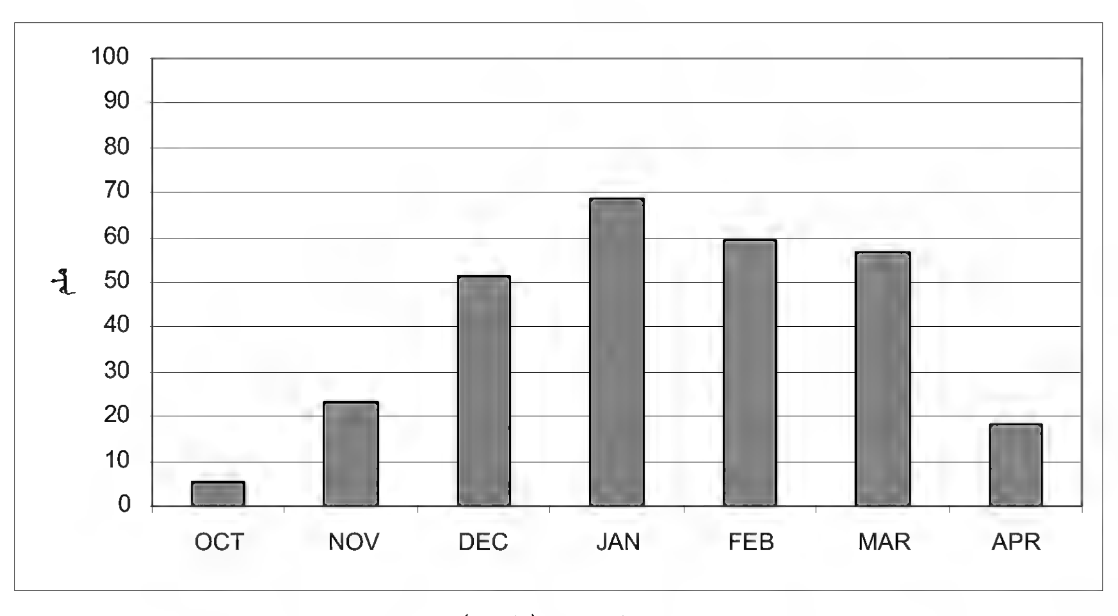
شكل رقم (75)

القرينة الشهرية لــ Palmer في محطة الطفيلة (1973 – 2000).

6.1.5 محطة الشوبك

تعد منطقة الشوبك من أكثر المرتفعات الجنوبية أمطاراً، ويرجع ذلك إلى عامل الارتفاع الذي تتمتع به المنطقة، ويساهم الوضع الطبوغرافي في تخفيف نسب الجفاف الشهرية والسنوية في المنطقة، فعامل الارتفاع يلعب دور في خفض درجة الحرارة وبالتالي تقليل معدلات النتح والتبخر.

تتلقى منطقة الشوبك معدلات هطول لا بأس بها، وتناسب زراعة مختلف المحاصيل البعلية لما تتمتع به المنطقة من ظروف مناخية وطبوغرافية مميزة، أضف إلى ذلك توفر التربة الخصبة في مرتفعات الشوبك والتي تساهم في نجاح الزراعة البعلية إلى حد لا يتوفر في معظم المرتفعات الجنوبية. ويظهر الشكل (76) معدل الهطول الشهري في محطة الشوبك.



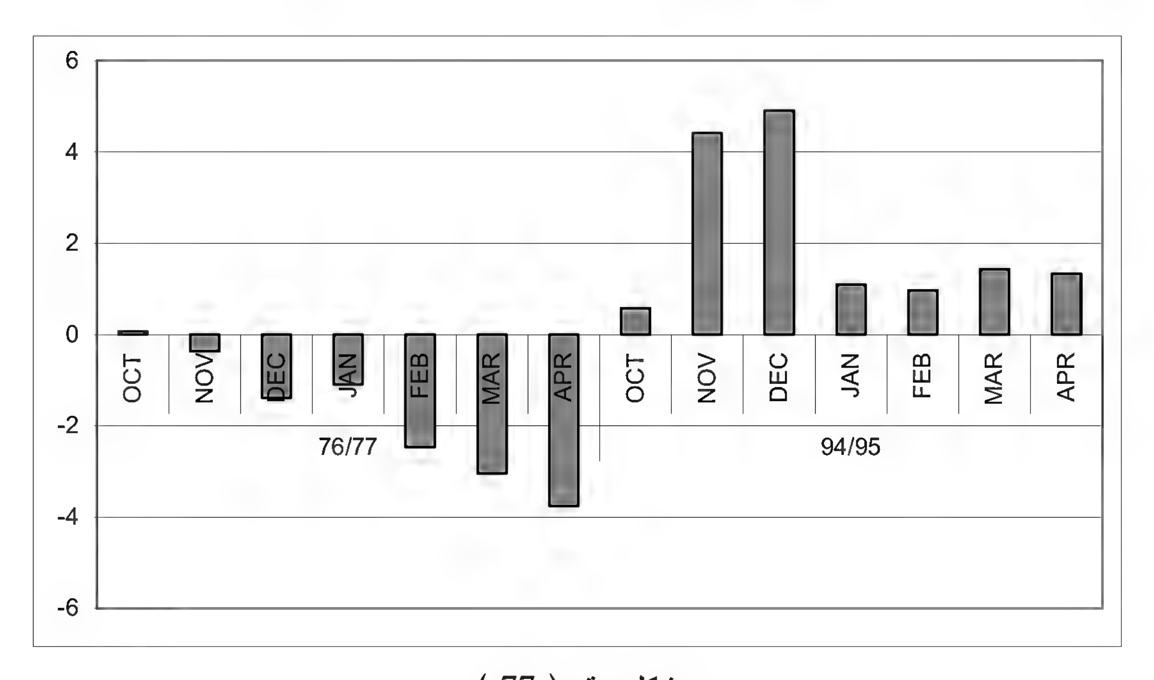
شكل رقم (76)

المعدل الشهري للهطول في محطة الشوبك (1967 – 1999).

وتم تطبيق قرينة Palmer على البيانات المناخية للمنطقة للفترة (1967 – 1999) وسجلت بعض المواسم جفافاً معتدلاً إلى جفاف شديد (الجدول رقم 22). وبلغ عدد المواسم الجافة خلال فترة الدراسة (17) موسماً

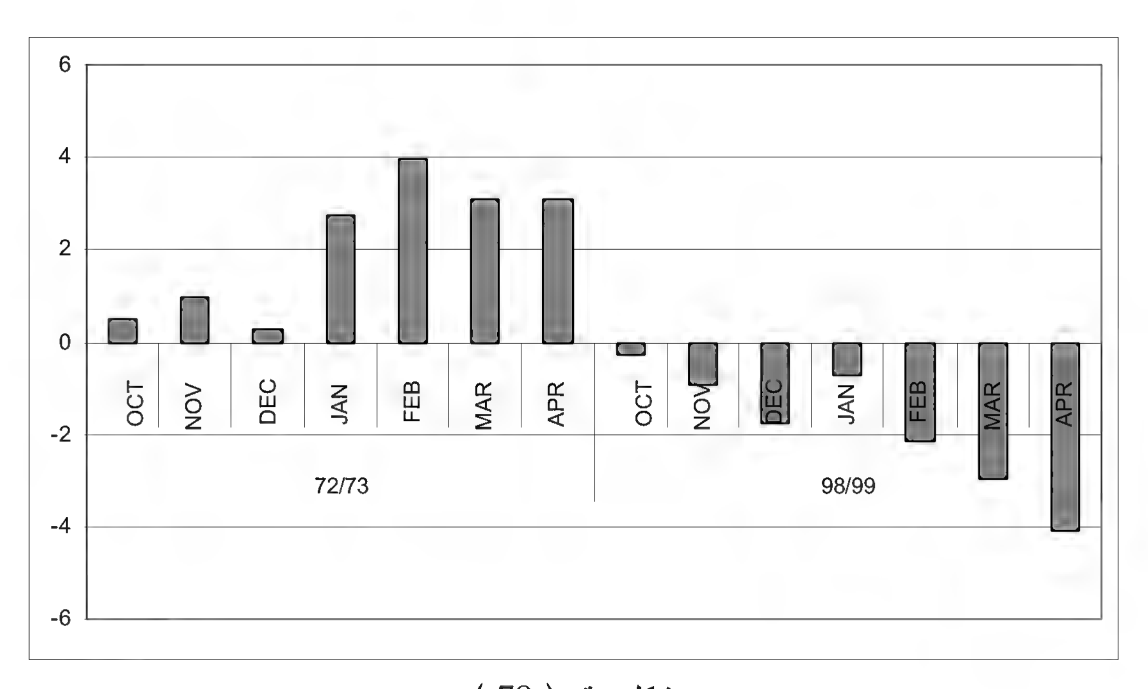
من مواسم الدراسة التي عددها (32). ويعد الموسم 1999/1998 من أكثر المواسم جفافا في محطة الشوبك وبلغت قرينة Palmer لذلك الموسم (- 4.1)

أما أكثر المواسم رطوبة وفق مؤشر Palmer فكان موســمي 1987/1986 و 1990/1989 وبلغت قرينة Palmer لكلا الموسمين على التوالي (3.7 ، 4.8). وتظهر الأشكال (77، 78) بعض المواسم الجافة والرطبة في محطة الشوبك.



شكل رقم (77)

بعض المواسم الجافة والرطبة في محطة الشوبك – قرينة Palmer.



شكل رقم (78)

بعض المواسم الجافة والرطبة في محطة الشوبك – قرينة Palmer.

أما القرينة الشهرية لسنوات الدراسة فتظهر تبايناً واسعاً بين مختلف أشهر الدراسة، فعلى سبيل المثال كان شهر آذار عام 1990 أكثر الشهور رطوبة وفق مؤشر Palmer حيث بلغت قرينة ذلك الشهر (5.4)، بينما يعد شهر نيسان 1999 من أجف الشهور وبلغت قرينة Palmer لذلك الشهر (– 4.1).

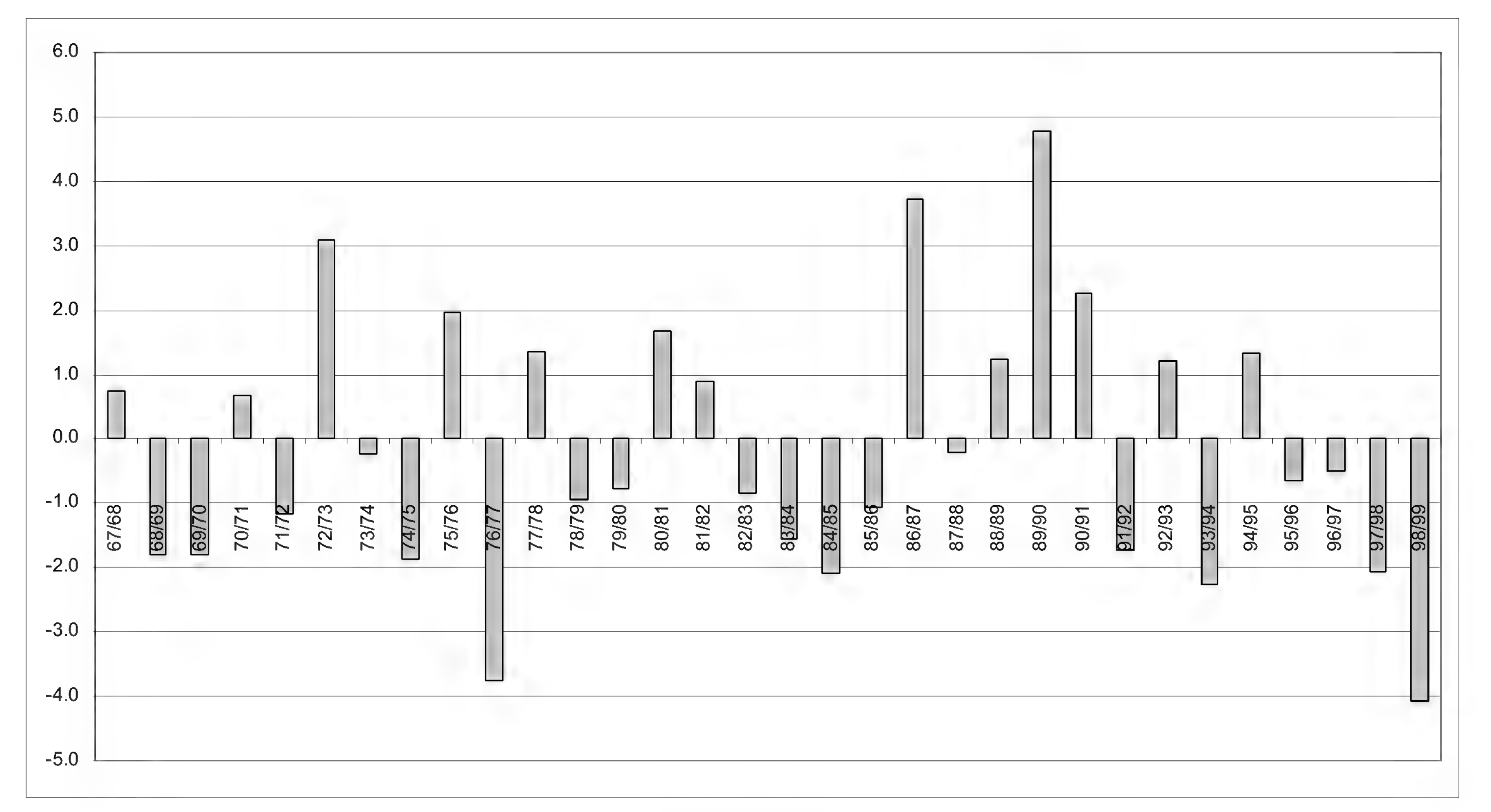
وبلغ عدد أشهر الدراسة (224) منها (80) شهراً جافاً أي ما نسبته 36% من أشهر الدراسة، ويبين الشكل(79) مواسم الجفاف التي تعرضت لها منطقة الشوبك، كما يوضح الشكل (80) القرينة الشهرية لمواسم الدراسة.

جدول رقم (22)

مواسم الجفاف والرطوبة في محطة الشوبك – قرينة Palmer

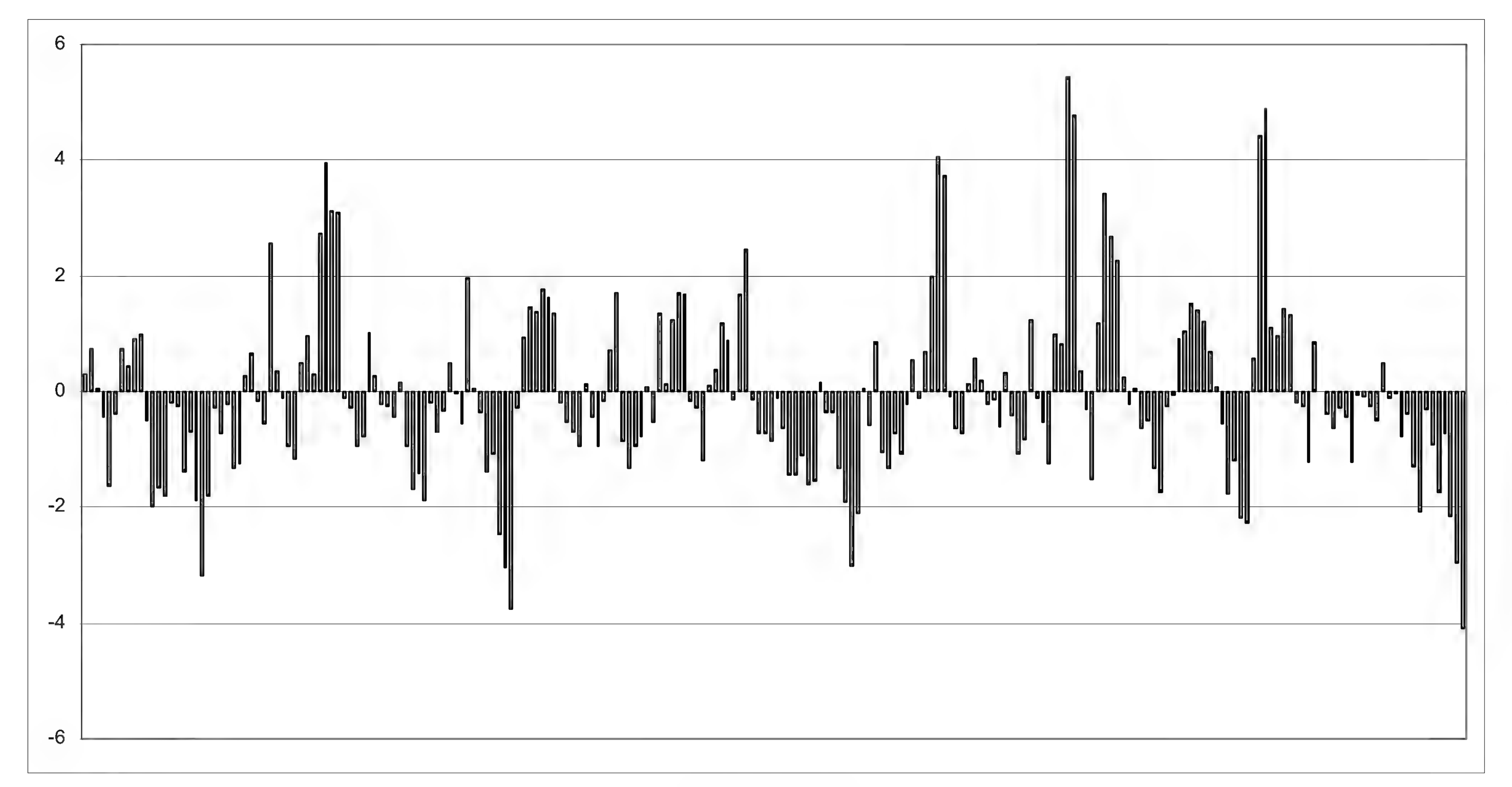
الموسم	المجموع الموسمي للمطر (ملم)	قيمة مؤشر Palmer (لشهر نيسان)	الموسم	المجموع الموسمي للمطر (ملم)	قيمة مؤشر Palmer
1967/1968	300.6	0.7	**1983/1984**	195.1	-1.6
1968/1969	274.2	-1.8	**1984/1985**	204.9	-2.1
1969/1970	208.5	-1.8	**1985/1986**	279.5	-1.1
1970/1971	328.8	0.7	1986/1987	471.4	3.7
1971/1972	266.6	-1.2	1987/1988	256.4	-0.2
1972/1973	459.5	3.1	1988/1989	306.8	1.2

4.8	485.6	1989/1990	-0.2	247.6	1973/1974
2.3	360.2	1990/1991	-1.9	209.7	**1974/1975**
-1.7	177	**1991/1992**	2.0	324.7	1975/1976
1.2	349.2	1992/1993	-3.8	90.8	**1976/1977**
-2.3	204.8	**1993/1994**	1.4	413.5	1977/1978
1.3	472.6	1994/1995	-0.9	255.5	**1978/1979**
-0.6	230.6	**1995/1996**	-0.8	306.4	**1979/1980**
-0.5	240.2	**1996/1997**	1.7	415	1980/1981
-2.1	207.4	**1997/1998**	0.9	291.4	1981/1982
-4.1	111.5	**1998/1999**	-0.9	265.3	**1982/1983**



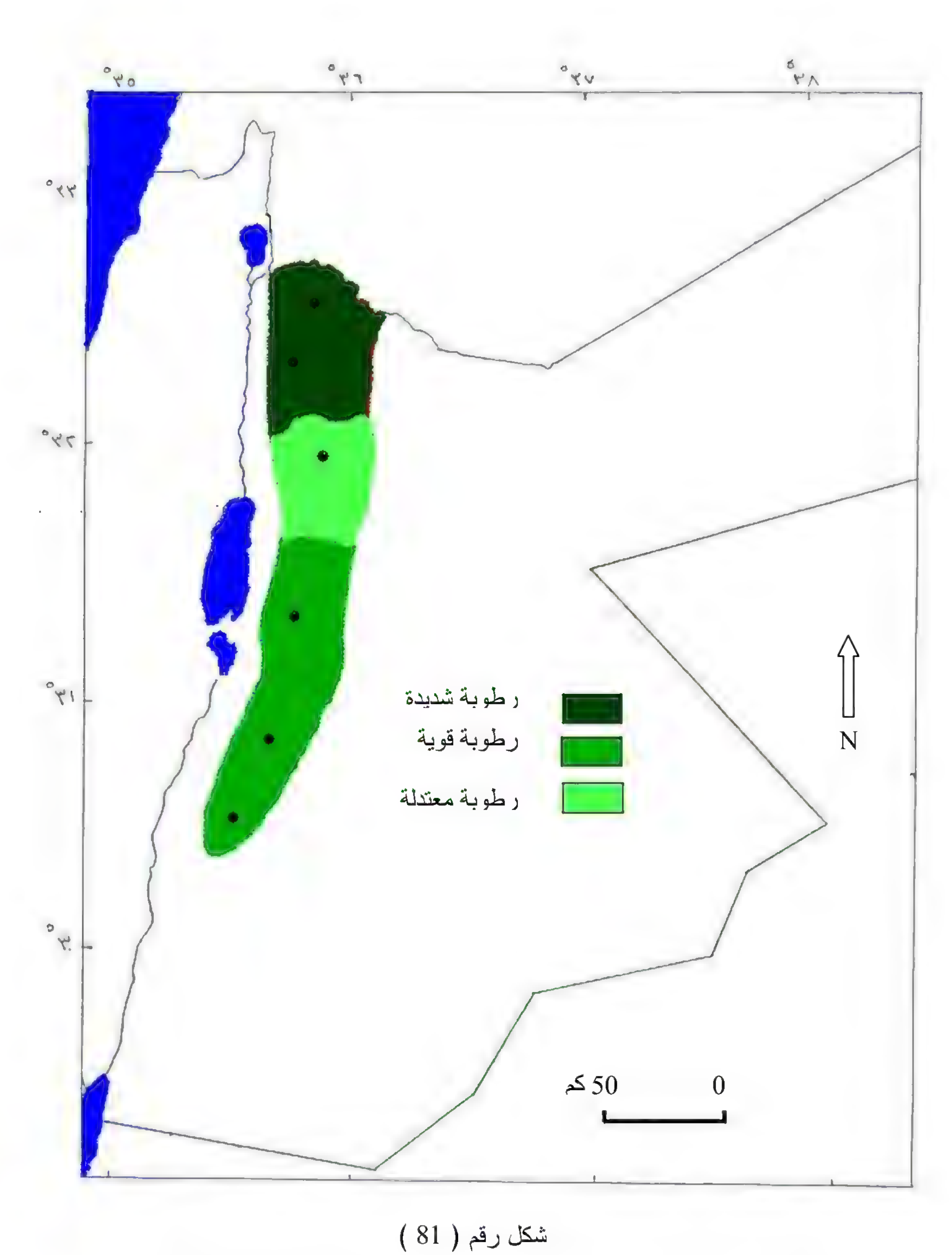
شكل رقم (79)

المواسم الجافة والرطبة في محطة الشوبك – قرينة Palmer (1967 – 1999).



شكل رقم (80)

القرينة الشهرية لــ Palmer في محطة الشوبك (1967 – 1999).

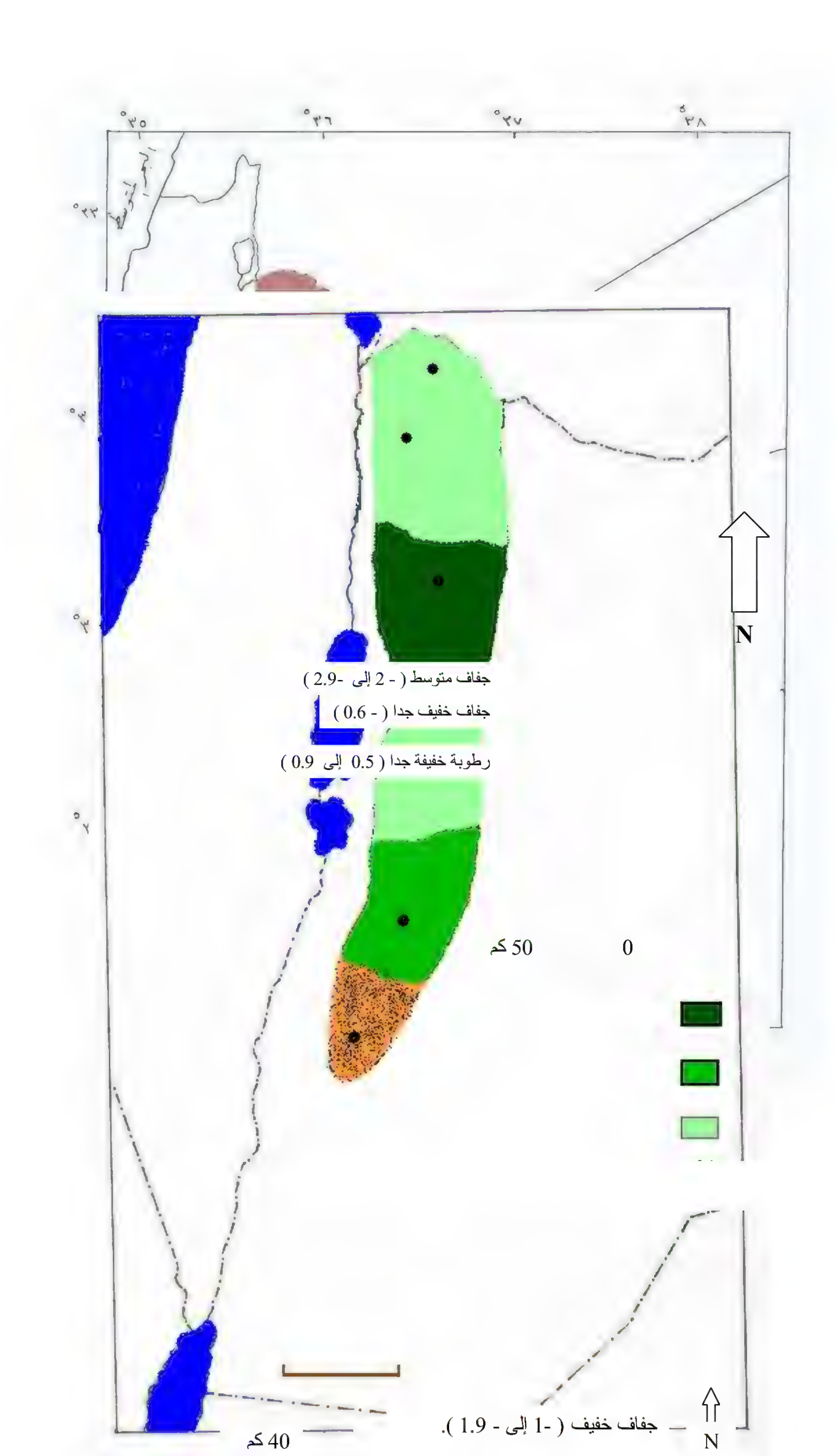


شكل رقم (81)

توزيع الرطوبة في منطقة الدراسة بنهاية شباط للموسم الرطب 1990/1991.

جفاف شديد- أقل من (- 4)

شكل رقم (82)
درجات الجفاف في منطقة الدراسة بنهاية شهر نيسان – موسم 1999/1998.


جفاف متوسط (- 2 إلى -2.9)
جفاف خفيف جدا (- 0.6)
رطوبة خفيفة جدا (0.5 إلى 0.9)
جفاف خفيف (-1 إلى - 1.9).
N
50 كم
0
40 كم
N

اربد

راس منيف

الجامعة الأردنية

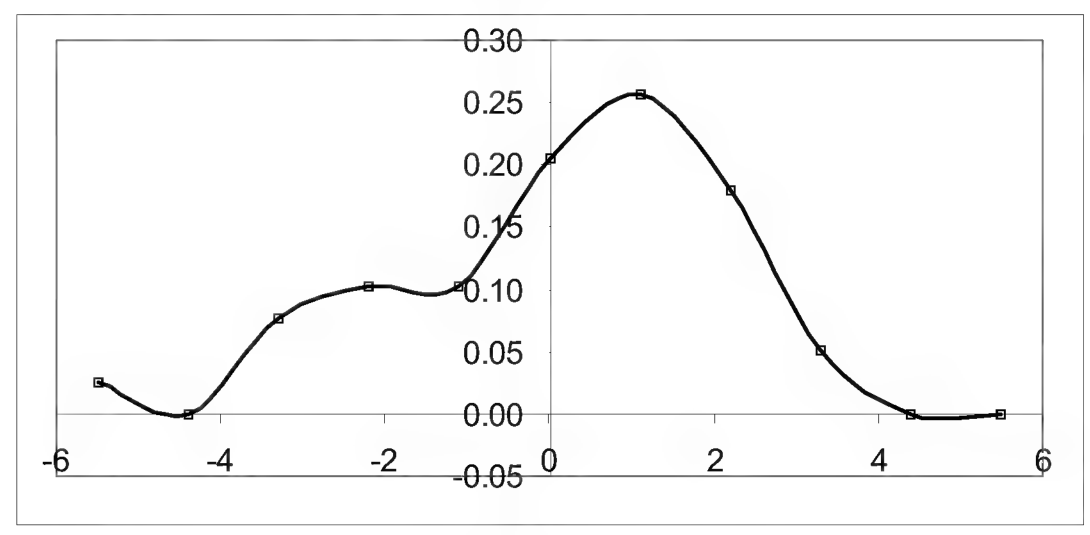
الربة

الطفيلة

الشوبك

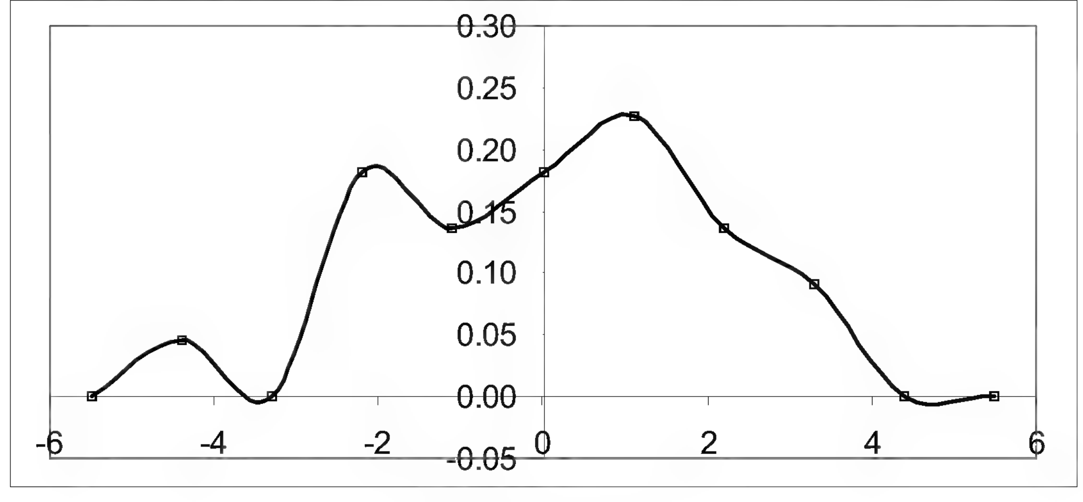
شكل رقم (83)

توزيع الجفاف والرطوبة بنهاية شهر نيسان – موسم 1992/1991.



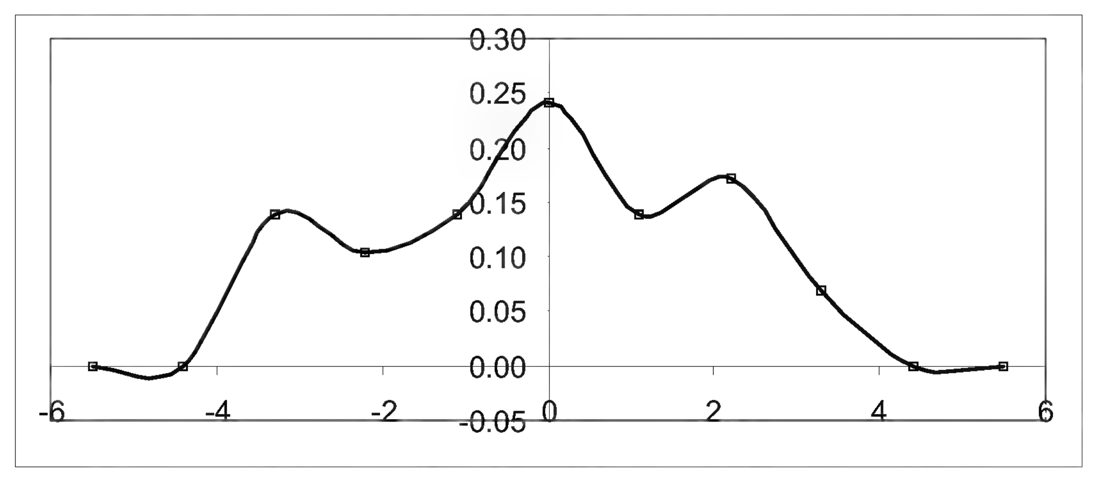
شكل رقم (84)

منحنى التكرار النسبي لمواسم الجفاف والرطوبة في محطة اربد – قرينة Palmer.



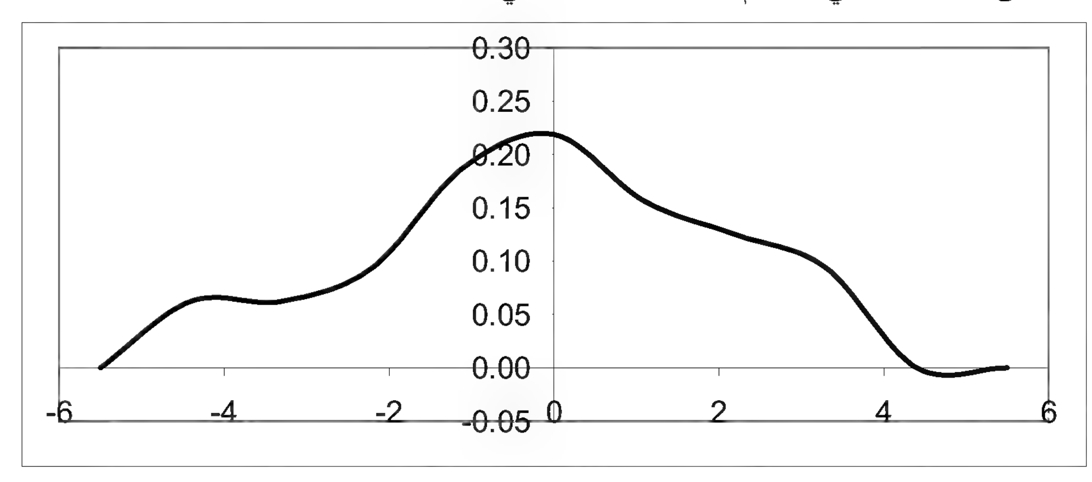
شكل رقم (85)

منحنى التكرار النسبي لمواسم الجفاف والرطوبة في محطة راس منيف – قرينة Palmer.



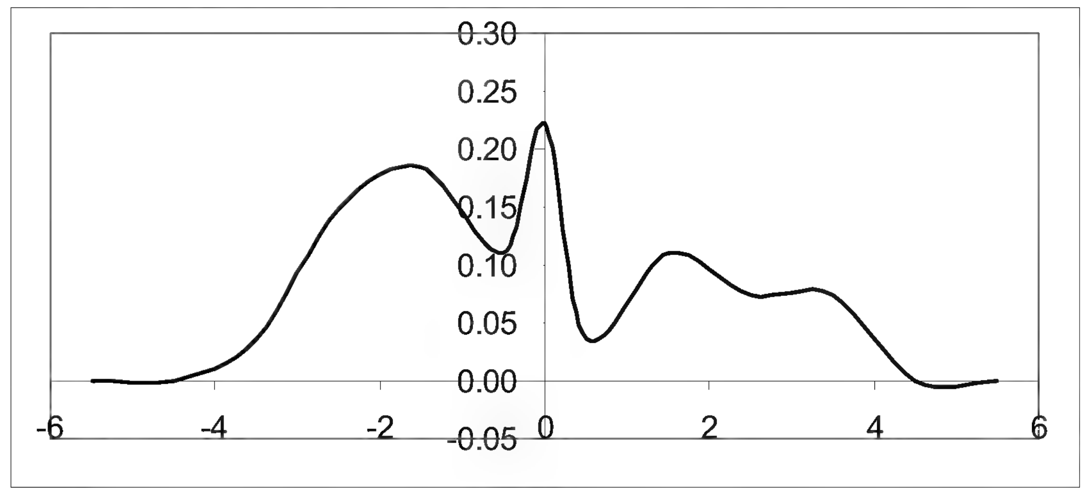
شكل رقم (86)

منحنى التكرار النسبي لمواسم الجفاف والرطوبة في محطة الجامعة الأردنية – قرينة Palmer.



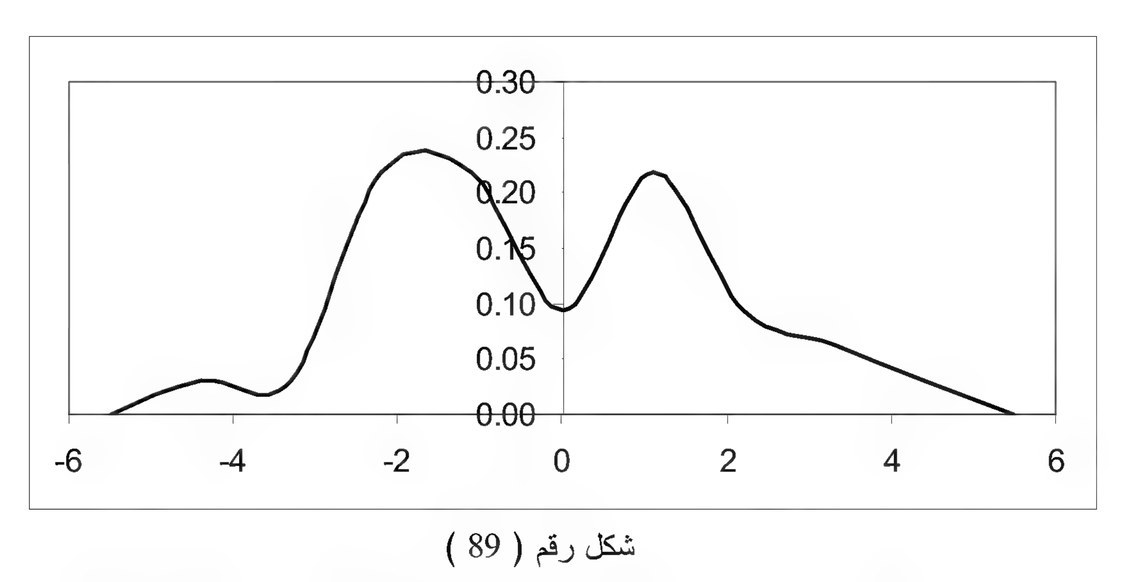
شكل رقم (87)

منحنى التكرار النسبي لمواسم الجفاف والرطوبة في محطة الربة – قرينة Palmer.



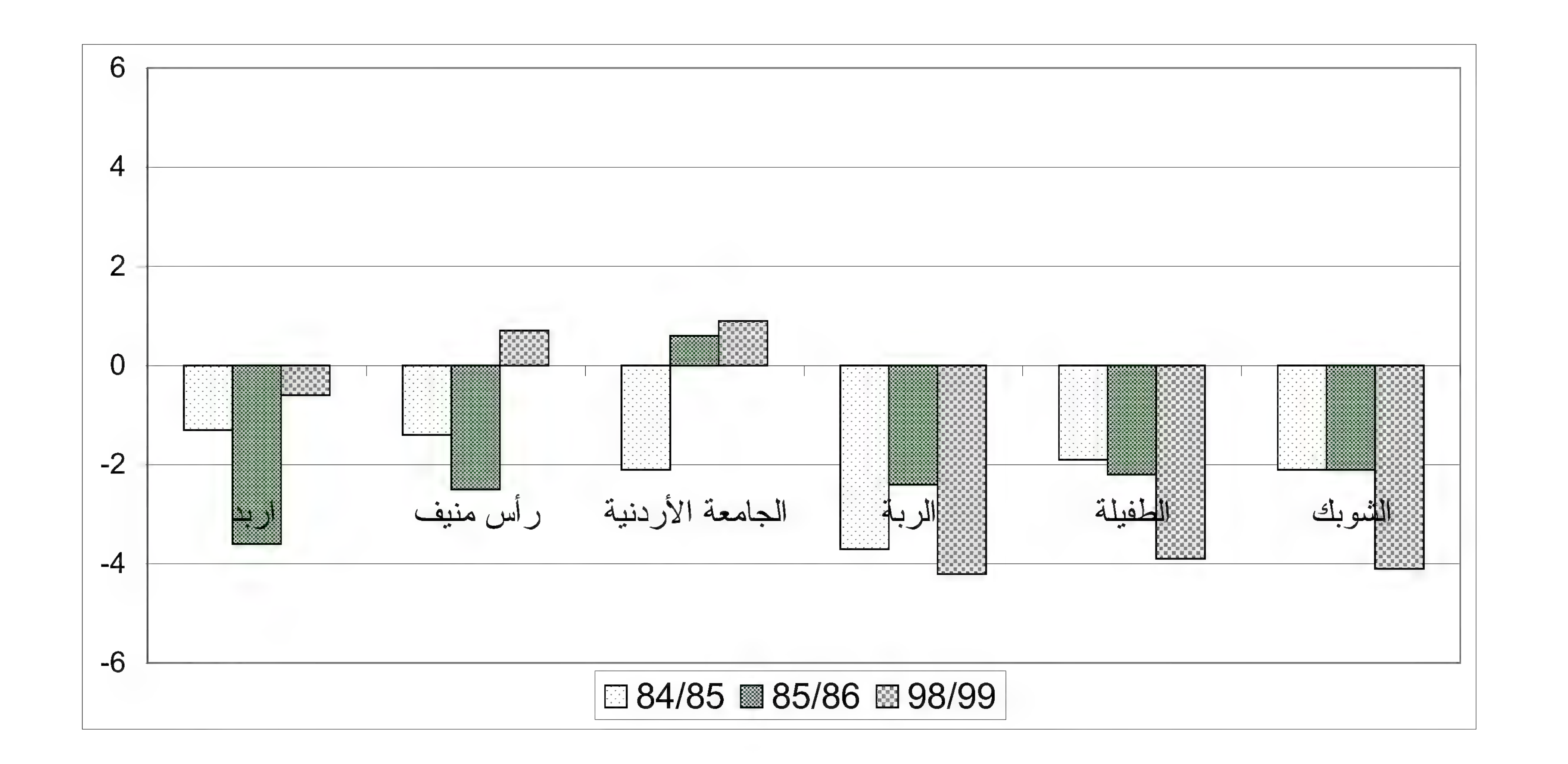
شكل رقم (88)

منحنى التكرار النسبي لمواسم الجفاف والرطوبة في محطة الطفيلة – قرينة Palmer .



شكل رقم (89)

منحنى التكرار النسبي لمواسم الجفاف والرطوبة في محطة الشوبك – قرينة Palmer .


6
4
2
0
-2
-4
-6
اربد
رأس منيف
الجامعة الأردنية
الربة
الطفيلة
الشوبك
84/85
85/86
98/99

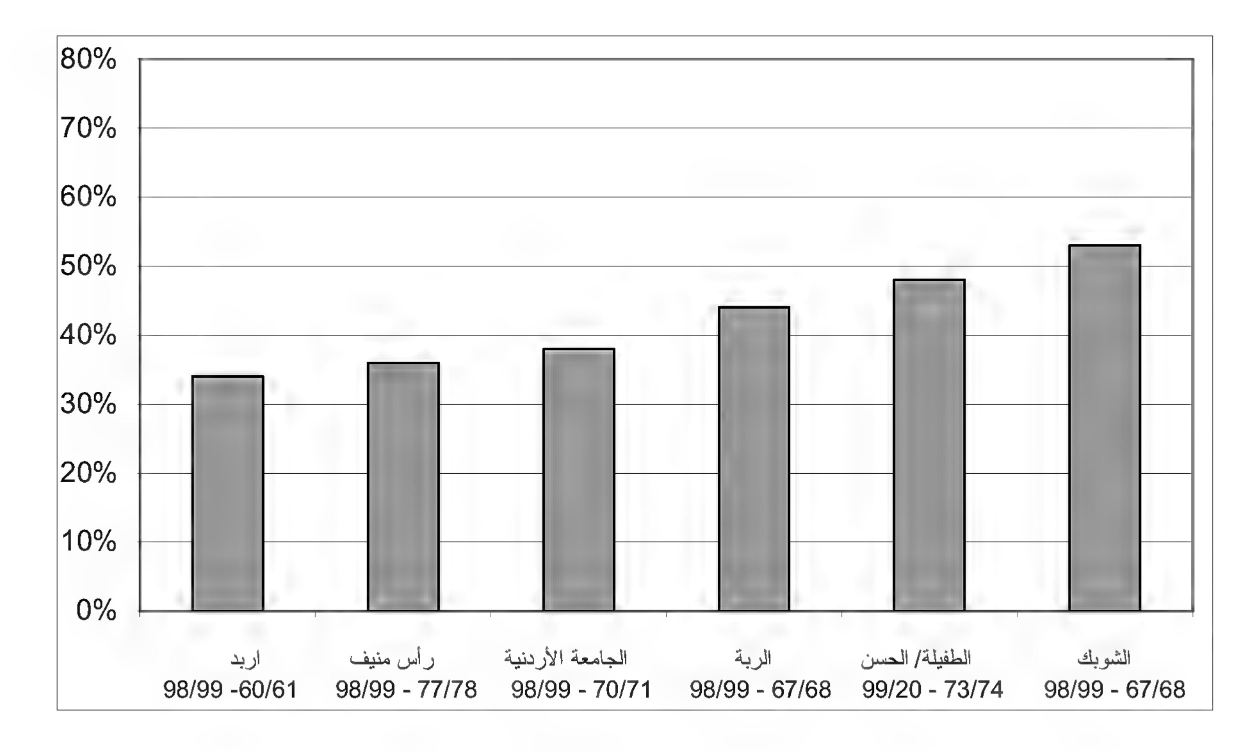
شكل رقم (90)

اختلاف شدة الجفاف في محطات الدراسة بنهاية شهر نيسان في كل موسم.

جدول رقم (23)

تكرار الجفاف في محطات الدراسة.

المحطة	جفاف خفيف جداً (-0.5 إلى – 0.99)	جفاف خفيف (-1 إلى – 1.99)	جفاف معتدل (-2 إلى – 2.99)	جفاف قوي (-3 إلى – 3.99)	جفاف شديد (-4 أو أقل)
اربد (1960 – 1999)	3	3	4	2	1
رأس منيف (1977 – 1999)	1	3	3	0	1
الجامعة الأردنية (1970 – 1999)	1	4	3	3	0
الربة (1967 – 1999)	4	4	2	2	2
الطفيلة (1973 – 2000)	3	5	4	1	0
الشوبك (1967 – 1999)	5	7	3	1	1



شكل رقم (91).

نسبة المواسم الجافة في محطات الدراسة خلال فترة الدراسة لكل محطة.

2.5 آثار الجفاف ونتائجه على منطقة الدراسة

إن تقييم جسامة أضرار الجفاف ولو بصفة تقريبية ليس بالسهل، حيث يتطلب ذلك تحليل المكانة الاستراتيجية التي يحتلها قطاع الزراعة بين القطاعات الأخرى المنتجة وغير المنتجة. ويجب تحليل درجة انخفاض الإنتاج الزراعي ومدى تأثير ذلك على التوازنات الاقتصادية الأساسية، بالإضافة إلى أثر الجفاف على الأنشطة الاقتصادية الأخرى كالصناعة والتجارة من خلال ترجمة ذلك إلى أرقام تبين حقيقة ذلك التأثير (Ahrens, 1988).

ويترتب على التدهور في الإنتاج الزراعي تفاقم العجز في الميزان التجاري نتيجة ارتفاع أثمان المنتجات الزراعية المستوردة والمحلية، علاوة على ذلك يتحكم الإنتاج الزراعي في مستوى تنمية العديد من القطاعات الاقتصادية من ناحيتين:

أ – يعتبر الإنتاج الزراعي سلعة تجارية لها وزنها كقوة شرائية مهمة في الاستهلاك المنزلي.

ب – يعتبر الإنتاج الزراعي سلعة صناعية تحويلية – حيث تدخل في كثير من الصناعات الغذائية (العوينة، 1982).

ترك الجفاف في الأردن نتائج سلبية تمثلت في تزايد معدلات الهجرة من الريف إلى المدن، فقد كانت نسبة سكان الريف عام 1961 حوالي 56% وانخفضت إلى حوالي 40.6% عام 1979 وإلى 30% عام 1986، وفي عام 2001 كانت نسبة سكان الريف فقط 21.3% (دائرة الإحصاءات العامة،2001). وبسبب الآثار التي تركها الجفاف في المناطق الريفية كالهجرة إلى المدن فقد بلغت الزيادة السكانية في المدن الأردنية بين عامي 1979 – 1986 حوالي 55% في حين بلغت الزيادة السكانية في الريف الأردني 30% لنفس الفترة المذكورة (المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 1996).

ويمكن إجمال أهم الآثار المترتبة على كارثة الجفاف وتكرارها بما يلي:

1 – خسارة الأراضي المنتجة وأراضي المراعي والغابات الطبيعية وإخراجها من نطاق الاستفادة الاقتصادية منها، وأهم الآثار المترتبة على كارثة الجفاف في قطاع الزراعة:

أ - انخفاض وخسارة الإنتاج الزراعي

من أهم السمات البارزة للزراعات البعلية في المرتفعات الجبلية انخفاض الإنتاجية كماً ونوعاً، وعدم الاستقرار في الإنتاجية أثناء سنوات الجفاف، وتشير الدراسات إلى أن الإنتاجية في الوطن العربي انخفضت ما بين 25 – 50% كمعدل عام أثناء دورات الجفاف، وقد تصاب بالفشل الكلي في سنوات الجفاف الشديدة (الشخاترة، 1996).

ب – التدهور المتواصل في إنتاجية المراعي

يلجأ أصحاب المواشي إلى استغلال الأراضي الرعوية في سنوات الجفاف، وهذا يعني تحويلها إلى أراضٍ جرداء، وبالتالي تغير نوع النباتات من رعوية معمرة وذات قيمة إلى نباتات حولية.

ج – انخفاض الإنتاج الحيواني

ان تكرار سنوات الجفاف وتعاقبها يؤدي إلى نقص حاد في موارد الأعلاف، وشح في مصادر المياه، الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض كبير في الإنتاجية ونفوق أعداد كبيرة من الحيوانات.

2 - تدمير الموارد الطبيعية حيث يعمل الجفاف على تدمير الموارد الإنتاجية المتجددة والبنى التحتية والمرافق الحيوية، ومن مخاطر الجفاف في هذا الصدد تكرار حدوث السيول والفيضانات المدمرة، فمن آثار الجفاف زوال الغطاء النباتي، وعند سقوط الأمطار يزداد الجريان السطحي في هذه الحالة، مما يؤدي إلى انجراف التربة، وضياع المياه، وزيادة الرواسب في السدود، وإحداث أضرار جسيمة بالممتلكات والمنشآت وهلاك الأرواح ونفوق الحيوانات، وإذا طال الجفاف لفترة طويلة من الزمن قد يؤدي إلى انعدام الغطاء النباتي. ويترك الجفاف آثار واضحة على المصادر المائية، فالجفاف يعرف بنقص الموارد المائية، ويؤدي الجفاف إلى تدهور الغابات الطبيعية وتراجع دورها الاقتصادي والبيئي، بالإضافة إلى انقراض الأحياء البرية والاختفاء التدريجي لكثير من الحيوانات والطيور.

3 - المجاعة بأشكالها ونتائجها المختلفة (سوء التغذية، انتشار الأمراض والأوبئة).

4 – الهجرة من المناطق المعرضة للجفاف إلى مناطق الاستقرار المعيشي (هجرة بيئية) وبالتالي تزايد عدد سكان المدن مما يزيد من الزحف العمراني على المناطق المنتجة (الزراعية) وخلق المشاكل الاجتماعية وزيادة الضغط على الخدمات مما يعيق خطط التنمية (العاني، 2000).

5 – يوقع الجفاف الدولة في أزمة مالية نتيجة الأضرار الناتجة عنه في مختلف القطاعات بحيث تلجا الدولة في هذه الحالة إلى طلب المساعدات والاقتراض من جهات دولية، وغالبا ما تستخدم الدول المقرضة هذه الظروف القاسية لتحقيق أهدافها السيئة (الشخاترة، 1996). أضف إلى ذلك خلق مشاكل للأجهزة الحكومية في التعامل مع الناس في مناطق الاستقرار الجديدة من حيث تأمين الخدمات والتعويض عن الأضرار، وبالتالي تواجه الأجهزة الرسمية تحديات كبيرة تفوق قدرتها على مواجهتها.

6 – التصحر: يؤدي الجفاف المتكرر إلى حدوث التصحر وتقدمه حيث يرتبط التصحر بتناقص الأمطار الناجم عن التغيرات المناخية (صالح وأبو علي،1989).

ولمواجهة آثار الجفاف يجب وضع استراتيجية تأخذ بعين الاعتبار الظروف الطبيعية للمنطقة، وأن الفترات الجافة والرطبة هي ظواهر متكررة وان كانت غير دورية، ولان النقص في الموارد المائية هو الأساس في مشكلة الجفاف، لا بد من التخطيط السليم للموارد المائية لمجابهة الجفاف.

وقد صدر عن مؤتمر الأمم المتحدة المعني بالتصحر عام 1977 الذي عقد في نيروبي – كينيا – توصيات لمكافحة التصحر ومواجهة الجفاف (المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 1996). وشملت التوجهات إحياء خصوبة الأرض والمحافظة عليها في المناطق الجافة وشبه الجافه وشبه الرطبة، وركزت توصيات خطة العمل المنبثقة عن المؤتمر على مكافحة التصحر ميدانياً، وقد بينت التقييمات التي نفذتها خطة عمل الأمم المتحدة أن التقدم في مواجهة الجفاف والتصحر قد فشل لأسباب منها:

أ – عدم الاهتمام ببرامج مكافحة التصحر والتخفيف من آثار الجفاف.

ب – ان البلدان النامية غير قادرة على مواجهة المشكلة بسبب النقص في الأموال

وضعف التقنيات.

ج – عدم دمج برامج مكافحة التصحر ومواجهة الجفاف في برامج التنمية الاجتماعية والاقتصادية (برنامج الأمم المتحدة للبيئة، 1992).

ولتخفيف آثار الجفاف تم تنفيذ العديد من المشروعات الوطنية مثل مشروع تطوير المراعي حيث أنشئت العديد من المحميات الرعوية لتطوير المراعي، وبلغ عددها حتى عام 1996 حوالي 22 محمية رعوية، وتضمنت خطة عمل المشروع زراعة الشجيرات الرعوية والأعلاف لمواجهة سنوات الجفاف.

ومن المشاريع أيضا مشروع تطوير الأراضي المرتفعة والذي بدأ العمل به عام 1964 واشتمل على عمليات صيانة التربة من خلال السلاسل الحجرية والمصاطب الترابية وزراعة الأشجار المثمرة، وتضمن المشروع استصلاح الأراضي المنحدرة، وشمل المشروع أيضا عمليات حفر الآبار لتجميع مياه الأمطار، واقامة السياجات في مناطق الزراعة البعلية في المرتفعات الجبلية، كما هو الحال في عجلون والكرك والبلقاء والطفيلة. ولمواجهة ظروف الجفاف لا تزال وزارة المياه والري ماضية في تنفيذ مشروع السدود – فقد تم إنشاء العديد من السدود الأسمنتية والترابية في مختلف مناطق المملكة لا سيما إقليم المرتفعات الجبلية لتجميع المياه السطحية (المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 1996).

3.5 نتائج الدراسة

1. كشفت أساليب الحصاد المائي عبر العصور الماضية في منطقة الدراسة عن تعرضها لدورات جفاف ورطوبة متعاقبة سادت لفترات طويلة.
2. تختلف شدة الجفاف وفق مؤشر Palmer من منطقة إلى أخرى ضمن إقليم المرتفعات ومن موسم إلى آخر.
3. تزداد فرص حدوث الجفاف في المرتفعات الجنوبية مقارنة مع المرتفعات الشمالية.
4. أظهرت الدراسة وجود شذوذ كبير في قرينة Palmer الشهرية لمواسم الدراسة، فقد وصلت القرينة إلى (– 6) في بعض شهور الدراسة.

5. تظهر الأجزاء الجنوبية من المرتفعات الجبلية (خاصة مرتفعات الطفيلة) حساسية كبيرة لظروف الجفاف عند انخفاض الأمطار.
6. يزداد معامل اختلاف الأمطار السنوية والشهرية في الأجزاء الجنوبية من المرتفعات الجبلية مما يجعل الاعتماد على هذه الأمطار في الزراعة البعلية محفوف بمخاطر الجفاف.
7. ان الجفاف ظاهرة طبيعية لا يمكن مواجهتها إلا بالتكيف معها.
8. يترك الجفاف آثارا تدميرية تلحق الضرر بالموارد البيئية والاقتصادية والاجتماعية في المناطق التي تتعرض له.

4.5 توصيات الدراسة

1. إجراء العديد من الدراسات الهيدرولوجية لمنطقة المرتفعات الجبلية وتحديد إمكانية زيادة حجم الموارد المائية فيها.
2. إجراء دراسات وأبحاث حول تقلبات المناخ في المنطقة، حيث يوفر ذلك استراتيجية مناسبة يمكن الأخذ بها للتنبؤ بحجم الموارد المائية، وبناءً على ذلك تحدد الأنشطة الزراعية والرعوية في المنطقة.
3. الاهتمام بالغطاء النباتي (غابات وشجيرات) من خلال سن القوانين والتشريعات التي تحد من اعتداءات المواطنين عليها. وتنظيم عملية توطين البدو وتحركاتهم وذلك من أجل الحفاظ على مناطق الرعي. بالإضافة إلى التوسع في إنتاج الأعلاف. ومن الضروري دراسة وتقويم طاقة الحمولة الرعوية في منطقة المرتفعات الجبلية من حيث أعداد الحيوانات المناسب لهذه المراعي ونوعيتها ودرجة تحسسها وتعرضها للجفاف ومخاطره.
4. التوسع في أساليب حصاد مياه الأمطار من خلال إقامة السدود على الأودية الكبيرة في إقليم المرتفعات، حيث يساهم ذلك في تنمية الزراعة البعلية والتخفيف من حدة الظروف الجافة، والتقليل من ضياع الغالبية العظمى من مياه الأمطار بالجريان نحو وادي الأردن.

5 . التأكيد على استخدام التقنيات والأساليب التي تعمل على زيادة رطوبة التربة كالسلاسل الحجرية الكنتورية والمصاطب الترابية والأحواض الحجرية، واستعمال الري التكميلي لمواجهة ظروف الجفاف من خلال الاستفادة من مياه الفيضانات الموسمية.

المراجع

أ – المراجع العربية:

إبراهيم، صفاء بشير، (1989)، **الجفاف في منطقة اربد (دراسة مناخية)**، رسالة ماجستير، الجامعة الأردنية – عمان.

أبو الفتح، حسنين علي، (1997)، **البيئة الصحراوية العربية**،الطبعة الأولى، دار الشروق للنشر والتوزيع، عمان – الأردن.

أبو زنط، محفوظ، (2001)، **استخدام الموارد المائية غير التقليدية في تنمية الموارد الرعوية**، ندوة علمية في كلية الزراعة – الجامعة الأردنية.

أبو سته، محمود عبدالفتاح، (1999)، **ندوة حول (الغطاء النباتي والبيئة)**، ورشة العمل الاقليمية، المركز الاقليمي للإصلاح الزراعي والتنمية الريفية في الشرق الادنى CARDNE، معهد الدراسات الزراعية في البحر المتوسط في مونبيليه – فرنسا CIHAM-IAMM – عمان – الأردن.

أبو سمور، حسن، (1985)، تدرج النباتات الجبلية في الأردن، **دراسات (العلوم والجغرافيا)** – الجامعة الأردنية، المجلد (12)، العدد (2)، ص 9 – 24.

أبو طاهر، كامل نعيم، (1993)، **العواصف البردية في المرتفعات الجبلية في الأردن**، رسالة ماجستير، الجامعة الأردنية – عمان.

بارود، نعيم سلمان، (1993). **التنبؤ المبكر بالأمطار السنوية في الأردن**، رسالة ماجستير، الجامعة الأردنية – عمان.

البحيري، صلاح الدين (1992). **الأردن – دراسة جغرافية** – الطبعة الأولى، منشورات لجنة تاريخ الأردن، عمان – الأردن.

البحيري، صلاح الدين (1991). **جغرافية الأردن**، الطبعة الثانية، مديرية المكتبات والوثائق الوطنية، مكتبة الجامع الحسيني، عمان – الأردن.

برنامج الأمم المتحدة للبيئة (GCSS 111/3)، (1992)، **حالة التصحر وتنفيذ خطة الأمم المتحدة لمكافحة التصحر**، نيروبي – كينيا.

برهم، نسيم، (1986)، التغيرات البيئية في المراعي الأردنية، **مجلة جامعة دمشق (العلوم الإنسانية)**، المجلد (2) العدد (7)، 1986م. ص 37 – 56.

برهم، نسيم، (1986)، الحد البيئي لزراعة القمح في الأردن، **مجلة دراسات – الجامعة الأردنية** – المجلد (13) العدد (8)، ص 61 – 71.

بني هاني، محمد، (2001)، **ادارة الموارد المائية في البادية الأردنية**، ندوة علمية، جمعية البيئة الأردنية، عمان– الأردن، 2001م.

التل، سفيان، وساره ياسر، (1989)، **حالة البيئة في الأردن**، الطبعة الأولى، مديرية المكتبات والوثائق الوطنية، عمان – الأردن.

جاد، طه محمد، (1982)، التغيرات المناخية وإنتاج الغذاء، **الجمعية الجغرافية الكويتية**، جامعة الكويت، العدد (37). ص 5 – 23.

الجمعية الأردنية لمكافحة التصحر وتنمية البادية، الجامعة الأردنية، (2002)، **الحصاد المائي ودوره في تنمية الغطاء النباتي في البادية الأردنية**، الطبعة الأولى، مطابع الدستور التجارية، عمان – الأردن.

الجمعية الأردنية لمكافحة التصحر وتنمية البادية، المركز الجغرافي الملكي(2002)، **دور التقنيات الحديثة في رصد ومكافحة التصحر في الأردن**، الطبعة الأولى، مطابع الدستور التجارية، عمان – الأردن.

الجمعية الأردنية لمكافحة التصحر وتنمية البادية، (1997)، **نحو مكافحة التصحر وتنمية البادية**، الطبعة الأولى، مطابع الدستور التجارية، عمان – الأردن.

جودة، حسنين، (1996)، **الأراضي الجافة وشبه الجافة**، الطبعة الأولى، دار المعرفة الجامعية، مصر.

جوراني، شذى، (1990)، **دراسة ظاهرة الغبار في العراق**، رسالة ماجستير، الجامعة المستنصرية – العراق.

حدادين، وضاح جليل، (1996)، **التصحر في محافظة مادبا**، رسالة ماجستير، الجامعة الأردنية – عمان.

الحدادين، معتصم (2002). **تقييم الجفاف وإدارته لبعض الأحواض المائية**، متوفر عبر(http//www.albayan/alarbea2002/issue 146/index.htm).

حسن، محمد (2001)، **جغرافية الوطن العربي وحوض البحر المتوسط**- دراسة إقليمية تحليلية مقارنة – الجزء الثاني، الطبعة الأولى، مؤسسة شباب الجامعة، الاسكندرية- مصر.

الخفاف، عبد، ومحمد المومني، (1995)، **مدخل لجغرافية الوطن العربي**، الطبعة الأولى، دار الكندي للنشر والتوزيع، اربد – الأردن.

دائرة الإحصاءات العامة (2001). **الكتاب الإحصائي السنوي 2001** ، العدد 52.

دائرة الأرصاد الجوية، (2002)، **كتاب المعلومات المناخية للأردن 2000**م، اصدار2002م.

دائرة الأرصاد الجوية (2004). **بيانات مناخية غير منشورة لبعض محطات الدراسة للفترة** (1960 – 1999).

رمضان، حسن، (1987)، تقويم جيومورفولوجي للأراضي المطورة زراعيا في الأردن، **مجلة دراسات – الجامعة الأردنية** – المجلد (14) العدد الأول، ص 25 – 63.

سمارة، معاوية، وزهدي زكريا، (2000)، **تأثير مواسم الجفاف على تصريف الينابيع في المملكة**، وزارة المياه والري – مديرية التخطيط وموارد المياه، عمان – 2002م.

الشاعر، جهاد علي، (2001)، **علم المياه " الهيدرولوجيا "** الطبعة الثانية، منشورات جامعة دمشق – سوريا.

شاهين، علي عبدالوهاب، (1976)، **محاضرات في جغرافية الصحاري (اقليم خاص)**، جامعة بيروت العربية، مكتب كريدية اخوان، بيروت – لبنان.

شحاده، نعمان، (1978)، الاتجاهات العامة للأمطار في الأردن، **مجلة دراسات – الجامعة الأردنية** – المجلد (5) العدد (1)، 1978م، ص 131 – 157.

شحاده، نعمان، (1985)، فصلية الأمطار في الحوض الشرقي للبحر المتوسط وآسيا العربية، **دراسات (العلوم الطبيعية والجغرافيا)** – الجامعة الأردنية، المجلد (12)، العدد (7). ص 93 – 111.

شحاده، نعمان، (1991)، **مناخ الأردن**، الطبعة الأولى، دار البشير للنشر والتوزيع، عمان – الأردن.

الشخاترة، محمد، (1996)، **التصحر في الوطن العربي (مفهومه وماضيه، أسبابه ونتائجه)**، ورقة بحثية غير منشورة، وزارة الزراعة، عمان – الأردن.

الشخاترة، محمد، (2002)، **الحصاد المائي عبر التاريخ في الأردن**، اليوم العلمي الثاني، الحصاد المائي ودوره في تنمية الغطاء النباتي في البادية الأردنية، الجمعية الأردنية لمكافحة التصحر وتنمية البادية، الجامعة الأردنية، عمان– 2002م.

الصالح، رجاء المهلب، (2002)، **دراسة ظاهرة الجفاف في المنطقة الجنوبية وعلاقة المتغيرات المناخية بنمو وإنتاج محصولي القمح والشعير**، رسالة ماجستير، جامعة دمشق – سوريا.

الصالح، ناصر، ومحمد السرياني (2000). **الجغرافيا الكمية والإحصائية**، الطبعة الثانية، مكتبة العبيكان، الرياض، السعودية.

صيام، نادر، (1998)، دراسة إحصائية تحليلية لإتجاهات الأمطار في بعض المواقع في سوريا، **مجلة جامعة دمشق**، المجلد (14) العدد (2)، ص 9 – 41.

طلبه، شحاته سيد، (2002)، فاعلة الأمطار والاحتياجات المائية في المدينة المنورة، **المجلة الجغرافية العربية**، الجمعية الجغرافية المصرية، السنة(34)، العدد (39)، ص 130 – 152.

العاني، طارق، (2000)، التقانات الحديثة وتنمية الأراضي الجافة وشبه الجافة في الوطن العربي، **مجلة أبحاث البيئة والتنمية المستدامة**، الأمانة العامة لاتحاد مجالس البحث العلمي العربية، المجلد (3)، العدد (1)، ص 5 – 11.

عبدالقادر، حسن، ومنصور أبو علي، (1989)، **الأساس الجغرافي لمشكلة التصحر**، الطبعة الأولى، دار الشروق للنشر والتوزيع، عمان – الأردن.

عبنده، علي، (1992)، تغيرات الطقس والمناخ في الأردن، **مجلة الريم** – الجمعية الملكية لحماية الطبيعة، العدد (47). حزيران 1992م. ص 12 – 16.

العرود، إبراهيم، (2001)، **التغير المناخي في الميزان**، الطبعة الأولى، دائرة المكتبة الوطنية، عمان – الأردن.

العرود، إبراهيم، (1997)، **مبادئ المناخ الطبيعي**، الطبعة الأولى، دار الشروق للنشر والتوزيع، عمان – الأردن.

العطوي، ابراهيم خليل (1990). توزيع الهطول وأثره على البيئة في الأردن، **مجلة الريم** – الجمعية الملكية لحماية الطبيعة، العدد (38)، ص 10 – 12.

العنانزة، علي، (1996)، الموازنة المائية بناءً على معدلات الأمطار وكميات التبخر والنتح المحتملة في حوض وادي الكرك، **مجلة مؤتة للبحوث والدراسات (العلوم الإنسانية والاجتماعية**)، المجلد (11) العدد (5)، 1996م. ص 249 – 275.

العوينة، عبدالله، (1982) المظاهر المناخية للقحولة (الجفاف في المغرب والبلدان المجاورة للصحراء)، **مجلة جغرافية المغرب**، السلسلة الجديدة، العدد (6)، ص 12 – 34.

غانم، على أحمد، (2001)، تحليل احتمالات هطول الأمطار في المناطق الجافة وشبه الجافة في الأردن، **مجلة جامعة دمشق للآداب والعلوم الإنسانية**، المجلد (17) العدد الثاني، ص 13 – 25.

فايد، يوسف عبدالمجيد، (1971)، **جغرافية المناخ والنبات**، الطبعة الأولى، دار النهضة العربية، بيروت – لبنان.

الكيلاني، صفاء فتحي، (2002)، **الجفاف ومجابهته في محافظات حمـص وحمـاه وحلب**، رسالة ماجستير، جامعة حلب – سوريا.

المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلـة (أكـساد)، (1996)، **حالة التصحر في الوطن العربي ووسائل وأساليب مكافحته**. دمشق– سوريا.

مساعدة، باندا، (1996)، الوضع المائي في الأردن، **مجلة رسالة البيئـة**، العـدد (19)، ص 4 – 6.

المنظمة العربية للتنمية الزراعية، (1996)، **برنامج العمل الوطني لمكافحة الصحر وتخفيف آثار الجفاف في المملكة الأردنية الهاشمية**، الخرطوم – الـسودان، 1996م.

هوتيرت. ف– Hütteroth, W، (1983)، **التقلبات في كثافة الاستيطان وحدوده في فلسطين وشرقي الأردن منذ القرن السادس عشر**، دراسات جغرافية المانيـة حول الشرق الأوسط، الطبعة الأولى، المؤسسة العربية للدراسـات والنـشر، بيروت – لبنان.

وزارة المياه والري الأردنية (2004). **معلومات وبيانات غير منشورة**، عمـان – الأردن.

ب – المراجع الأجنبية:

Ahrens, C.D, 1988, **Meteorology Today**. Third Edition, West Publishing Company, New York- America.

Barry. R. G, and Chorley R. J, 1987, **Atomosphere, Wheather And Climate**, Fifth Edition, Published By Methuen (The Chaucer Press) Ltd, Bungay, Suffolk. London And New York.

Budyko. M. I, 1974, **Climate And Life**, English Edition Edited By David, H. Miller, Fifth Avenue, Academic Press, New York- America.

Carlson, R. E, and Soumare Harouna, 1994, **Analysis of an Iowa Aridity Index in Relationship to Climate and Crop Yield**, Journal. Iowa Acad. Sci. Vol (1). P14 – 18, 1994.

Dracup, J. A, and others, 1980, **The Definition of Drought – Water Resources Research**, VOL, 16. NO, 2.

Fardous, Abed AL – Nabi, And Moh`d. A Jitan, 2001, **The History Of Water Harvesting System In Jordan**. NCARTT.

Gibbs, W. J, 1975, **Drought – its definition and effects**- In special Environment Report. No 5 Drought , WMO. Geneva – Switzerland.

Gibbs, W. J, And Maher, J. V, 1967, **Rainfall Deciles As Drought Indicators, Bureau Of Meteorology**, Bulletin no. 48. Australia.

Gregory, K. J,1988, **The Nature Of Physical Geography**, Second Edition, Athenaeum Press Ltd, Newcastle Upon Tyne. America.

Griffiths, J. F, 1978, **Applied Climatology**, An Introduction, Oxford University Press, British.

Houghton, J. T, 2002, **Global Warming – The Complete Briefing**, Second Edition, Cambridge University Press. London – British.

Lee. J. A, and others.1993, Drought, Wind And Dust On The Southern High Plains Of The United States, **Physical Geography**, 1993, VOL 14, NO.1.P 56 – 67.

Linacer, E. And B. Geerts, 1997, **Climate And Weather Explained**, First Edition, British Library Cataloguing In Publication Data. London – British.

Palmer, W. C, 1965, **Meteorological Drought**, U. S, Commerce Weather Bureau, Washington, D. C.

Querner, E. P and Henny A. J. Van Lanen, 2001, Impact Assessment Of Drought Mitigation Measures In Two Adjacent Dutch Basins Using Simulation Modelling, **Journal Of Hydrology**, 252 (2001) 51 – 64.

Rosenan, No." Climatic Fluctuations in the Middle East During the Period of Instrumental Record in (Change of Climate, Proceeding of the Rome Symposium, **UNSCO and WMO**, 1963, PP. 67 –73.

Rosenberg, E. Blad, B. and Verma, V, 1983. **Microclimate The Biological Environment**, second edition, John Wiley.

Rosenzweig, C. and D. Hillel, 1993, **The Dust Bowl of The 1930s: Analog of Greenhouse Effected Plains**. J. Inviron. Quality 22,9-22.

Saarinen, T. F, 1966, **Precipitation of the Drought Hazard on the Great Plains**,U. S. A.

Shatanawi, M. R, 1993, **Water Harvesting in Jordan and The Region**: Present Situation and Future Needs. Water Harvesting for Improved Agricultural Production, Proceedings of FAO expert consultation, Cairo – Egypt, 21- 25 November 1993.

Shehadeh. N, 1976, The Varjability Of Rainfall In Jordan, **Dirasat-Humanities**, VOL. III, NO.3. p 67 – 83.

Shelton, M, 1977, The 1976 and 1977, **Drought in California, Elent and Severity, Weatherwises** , Washington – U. S. A, VOL. 30, No. 4.

Taimeh, Awni. Y, 1984, Paleoclimatic Changes During The Quanternary In Irbed Region. **Dirasat**, VOL XI, No. 2.

Tannehill, I. R, 1947, **Drought its Causes and Effects**. Princeton University Press, Princeton, N. J.

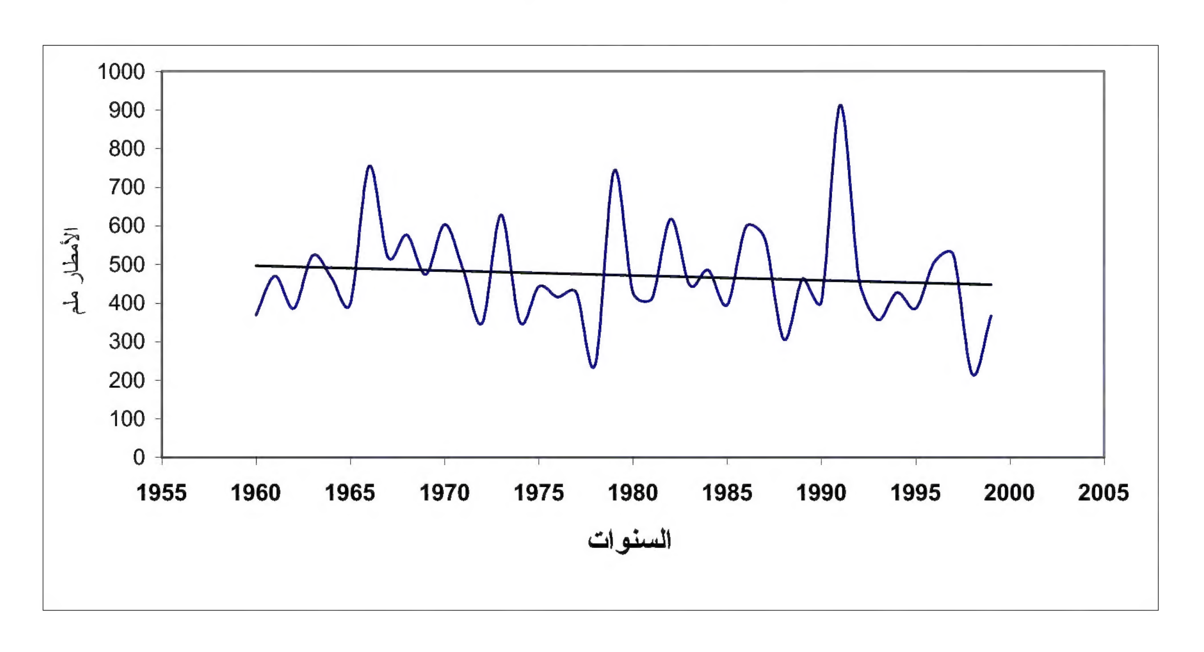
Tapony, R. C, 1977, Drought Classifications and a study of Drought at Kew, **The Meteorological Magazine**, London- British, VOL. 106, N. 1254.

Tarawneh. Qassem. Y, 2002**, Rainfall And Drought Patterns In Jordan**. D. T, Istanbul Technical University.
Turner, R. K, et al, 1994, **Environmental Economics**, An Elementary Introduction, First Edition, British Library Cataloguing In Publication Data. London – British.
UNCCD. 1994. United Nation Convention to Combat Desertification, UNCCD. **United Nation Environment Program** (UNEP), Geniva.
UNEP, 1991, **Status of Desertification and Implementation of the United Nations Combat Desertification**, Nairobi, Kenya 88pp.
United Nations, 1992, United Nations Sudano-Sahelian Office (UNSO). **Assessment of desertification and drought in the Sudano-Sahelian region**: 1995 - 1991. New York: UNSO, 1992.
Warrick,R.A, P.B.Trainer, E. J. Baker, and W. Brinkman. 1975. Drought Hazard in the United States: A Research Assessment. Program on Technology, Environment and Man Monogragh, **Institute of Behavioral Science**, University of Colorado, Boulder.
Wilhite, D. A, and Glantz, M. H, 1987, **Understanding the Drought Phenomenon: the Role of Definitions**, in Planing for Drought: Toward a Reduction of Societal Vulnerability, Westview Press, Boulder, Colo, 11 – 30.
WMO, 1986, Report on Drought and Countries Affected By Drought During 1974 – 1985, WCP-118, **World Meteorological Organization**, World Climate Data Program, Geneva.

مواقع الشبكة الدولية للمعلومات (الإنترنت)

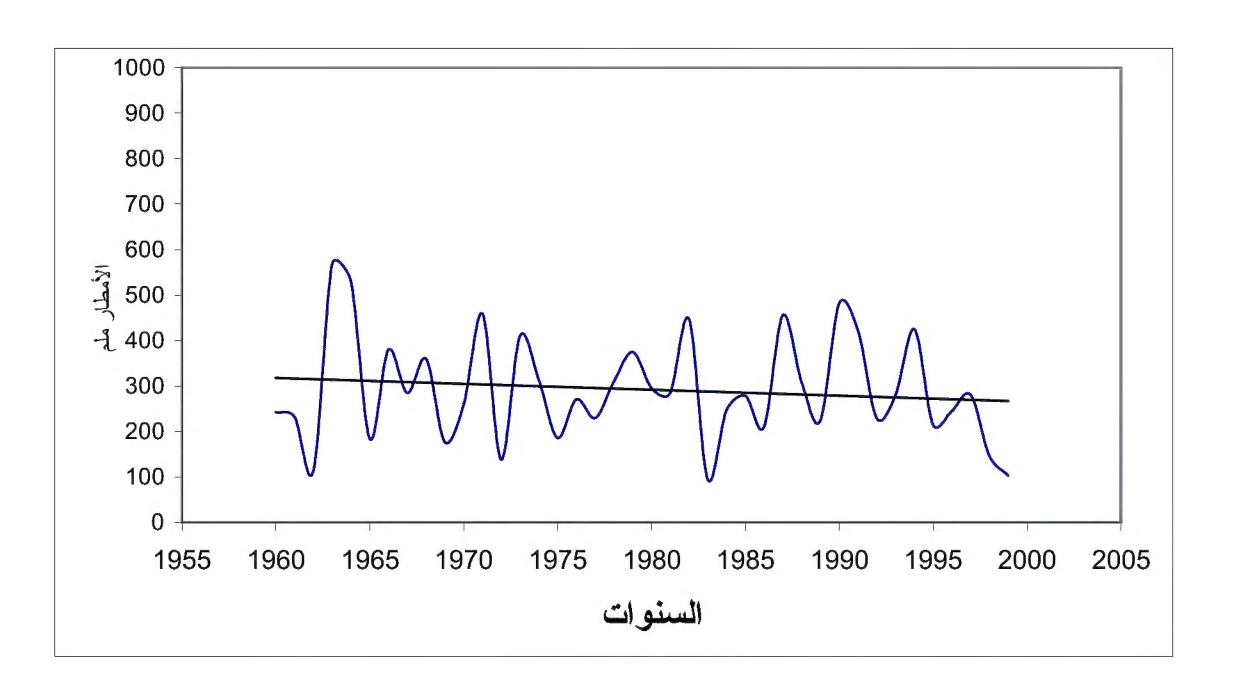
http://www.environment.gov.jo/society_encyclopadia/scjorj4.htm
http://www.morooj.com/pentagon.html.
http://www.icarda.org/Arabic/publication/water-harvest/introduction.htm.
http://www.icarda.org/Arabic/publication/water harvest/concepts.htm.
http://www.pme.gov.sa/Report-6.asp#e.
http://www.albayan.co.ae.
http://www.aoad.org/foods/specific/new page 1.htm.
http://wf.ncd.noaa.gov/oa/climate/reseach/prelim/drought/# drought.
http://www.middle-east-online.com/environment/?id=26260.
http://exact-me.org/overveiw/images/p41-map.gif.
http://www.grida.no/climate/ipcc-tar/index.htm.
http://www.math.montana.edu/~nmp/materials/ess/mountain-environments/intermediate/ystone/palmer- more.html1.
http://nadss.unl.edu/info/pdsi-doc/calculation.html.
http://www.npwrc.usgs.gov/resource/2001/tempanom/theo.htm.

ومن خلال معالجة البيانات المناخية في محطات (اربد، الشوبك) تبين أن الأمطار تتجه نحو التناقص (الأشكال 35، 36).



شكل رقم (35).

اتجاهات الأمطار في محطة اربد.



شكل رقم (36).

اتجاهات الأمطار في محطة الشوبك.